

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEODETSKI FAKULTET

Nedeljko Frančula

**KARTOGRAFSKA
GENERALIZACIJA**



Zagreb, 2003.

PREDGOVOR

Od ak. god. 1978/79. do 1991/92. predavao sam studentima geodezije u sedmom semestru u predmetu Kartografija III nekoliko sati *kartografsku generalizaciju*.

U ak. god. 1992/93. prvi put u predmetu Kartografija III predajem isključivo automatizaciju u kartografiji pod nazivom Kompjutorska kartografija. I u sklopu tih predavanja nekoliko sati posvećeno je kartografskoj generalizaciji. I u skriptama za taj predmet (Digitalna kartografija, Zagreb 1996) poglavlje *Kartografska generalizacija* obuhvaća 15 stranica.

Od ak. god. 1994/95. studenti geodezije slušaju, po novousvojenom nastavnom planu i programu, u prve tri godine studija dva kartografska predmeta: Opća kartografija (peti semestar) i Kartografske projekcije (šesti semestar). U četvrtoj godini studija imaju na izbor tri usmjerenja, od kojih je jedno Fotogrametrija i kartografija. Na tom usmjerenju u sedmom semestru predajem obavezni predmet Digitalna kartografija I i izborni predmet *Kartografska generalizacija*.

Kartografsku generalizaciju prvi put predajem u ak. god. 1997/98. Pripremajući se za predavanja pisao sam ovaj tekst direktno u računalo. Slike sam ulijepio u tekst. Prije kraja semestra, u prosincu 1997., skripta su dovršena, umnožena u deset primjeraka i stavljena studentima na raspolaganje. Za skripta su pokazali interes i naši geodetski stručnjaci pa su naknadno umnožena u još dvadeset primjeraka.

Zahvaljujem Robertu Županu, dipl. ing. koji je u rujnu i listopadu 1999. prebacio tekst iz Word Perfecta u Word, skanirao sve slike i uklopio ih u tekst. Pritom su ispravljene uočene pogreške.

Posebnu zahvalnost dugujem doc. dr. sc. Stanislavu Frangešu na mnogim korisnim primjedbama.

Sa zahvalnošću ču primiti upozorenja na pogreške u tekstu, bile one tehničke ili stručne naravi.

U Zagrebu 21. lipnja 2000.

U 2003. godini slike 6.5, 6.8 i 7.3 preuzete iz literature zamijenjene su vlastitim slikama izrađenim u diplomskim radovima. U odjeljku 8.4.1. dodani su rezultati istraživanja iz doktorske disertacije doc. dr. sc. Nade Vučetić ilustrirani slikom 8.2. Dodano je i Kazalo.

U Zagrebu 11. prosinca 2003

N. Francula

1. UVOD

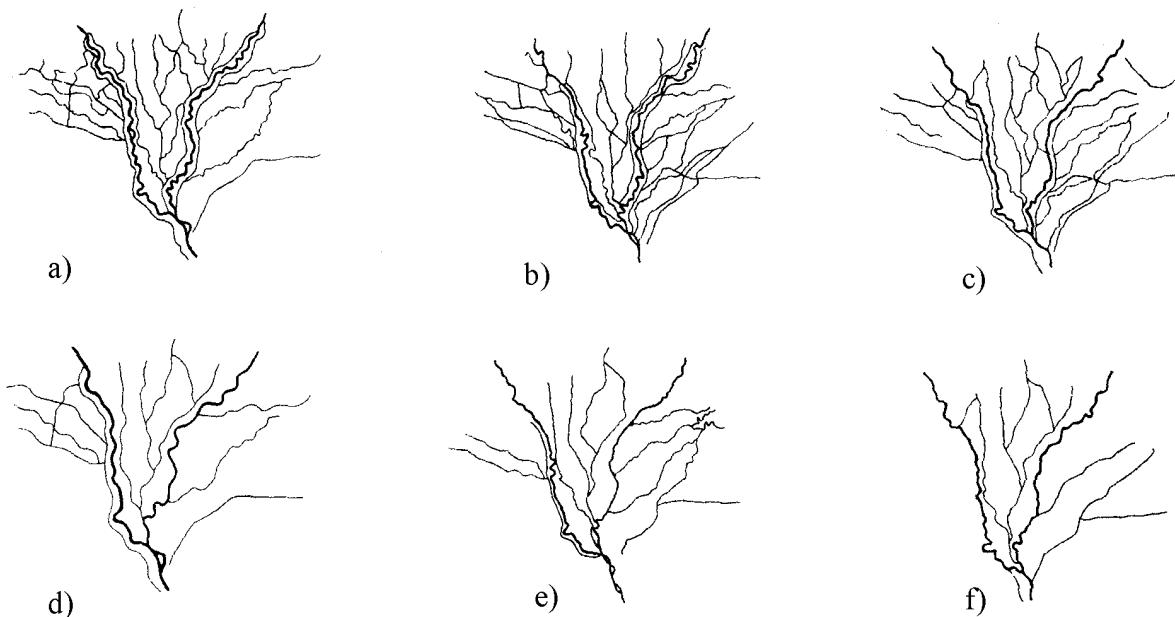
Naziv generalizacija dolazi od latinske riječi *generalis* (opći) i znači uopćavanje, uopćenje, uopćenost (Klaić 1978, Anić 1994).

Kartografska generalizacija je uopćavanje sadržaja karte prilagođeno mjerilu i (ili) svrsi karte.

Najvažnije svojstvo karte, naime mogućnost da geografski objekt bez obzira kako bio velik po pružanju ili površini neposredno promatramo i studiramo temelji se na dvije posebnosti kartografskog prikaza - na umanjenju objekata koje istražujemo i na njihovom prikazu u generaliziranom obliku.

Sama riječ generalizacija u svom korjenu dobro naglašava bit generalizacije. To je izbor najvažnijeg, bitnog i njegovo svrsishodno uopćavanje. Radi se o tome da prema namjeni karte, tematiki i mjerilu prikažemo na karti stvarnost u njenim najvažnijim tipičnim osobinama (Salistschew 1967).

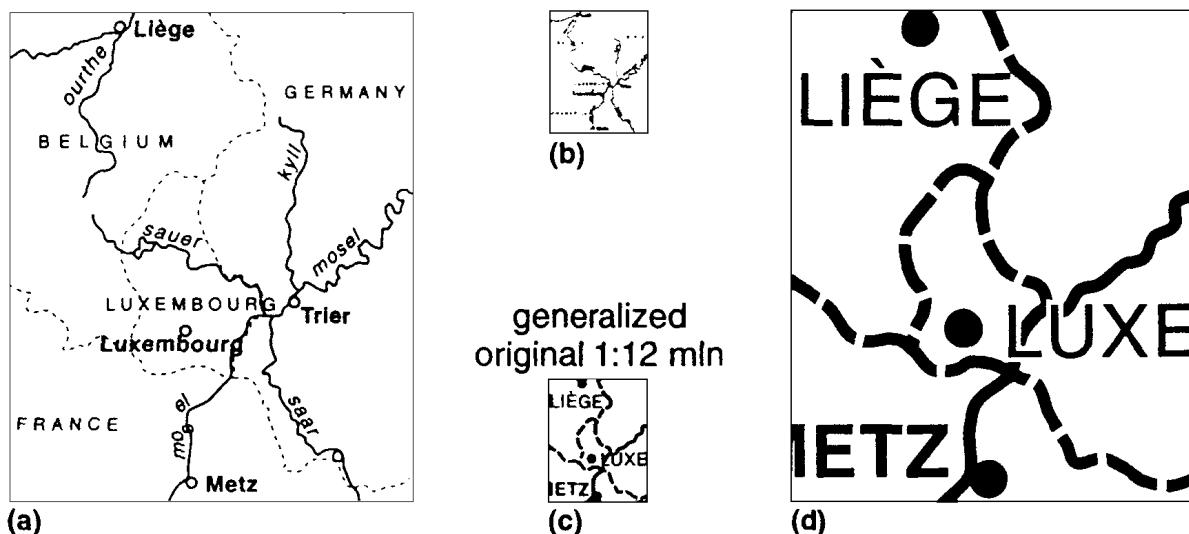
Generalizacija ima mnogo zajedničkog s apstrakcijom. Međutim, dok je apstrakcija *hotimično ispuštanje iz vida onoga što je nečemu sporedno, posebno, slučajno, nebitno, radi onoga što je glavno, opće, nužno, bitno* (Klaić 1978) u generalizaciji je naglasak na onome što ostaje, što je opće i bitno. Generalizacija nije svojstvena samo kartografiji. To je opće ljudska djelatnost s kojom se susrećemo u mnogim znanstvenim disciplinama, u literaturi, umjetnosti, povijesti. Generalizacija je vrlo složena djelatnost u kojoj se iz elemenata realnog svijeta odvaja nebitno od bitnog i prave modeli stvarnosti. Što je pri tome bitno, a što nebitno prosuđuje čovjek subjektivnom procjenom u skladu sa svrhom generalizacije. Da je i kartografska generalizacija subjektivan proces svjedoče primjeri sa sl. 1.1. To su različiti prikazi delte Nila. Prikazi a) i d) dobiveni su po zakonu korjena (vidi § 3.1.2. i § 3.2.3.), a prikazi b), c), e) i f) uzeti su iz četiri različita atlasa (Pillewizer i Töpfer 1964).



Sl. 1.1. Subjektivnost u generalizaciji: delta Nila – uspoređivati se mogu a) dobiveno po zakonu korjena s b) i c) iz općegeografskih atlasa te d) s e) i f) iz školskih atlasa

Iako je kartografska generalizacija subjektivan proces, to ne znači da nema dobro i loše generaliziranih karata. Postoje određena pravila kojih se kartografi moraju pridržavati. Autor prikaza na sl. 1.1.f nije se držao tih pravila jer je izostavio zapadni dio delte. Pri ocjeni subjektivnosti prikaza na sl. 1.1. treba voditi računa da su prikazi uzeti iz atlasa različitih namjena. Uspoređivati se mogu prikazi a), b) i c) iz općegeografskih atlasa i prikazi d), e) i f) iz školskih atlasa.

Kartografsku generalizaciju primjenjujemo uvijek onda kad iz karte krupnog mjerila izrađujemo kartu sitnijeg mjerila. Iz sl. 1.2. (Kraak i Ormeling 1996, str. 89) vidljivo je zašto je generalizacija nužna. Na slici 1.2.a je karta Luksemburga i susjednih država u mjerilu 1:3 milijuna. Fotografsko smanjenje u mjerilo 1:12 milijuna dano je na sl. 1.2.b. Karta sadrži istu količinu detalja kao i izvorna karta, ali je potpuno nečitljiva. Generalizirani prikaz u mjerilu 1:12 milijuna dan je na sl. 1.2.c. Da bi se jasnije vidjelo što se pri tome dogodilo, generalizirani prikaz povećan je u mjerilo 1:3 milijuna, tj. u izvorno mjerilo. Vidljivo je npr. da je izostavljen grad Trier, imena država i sve rijeke osim rijeke Mosel. Tok rijeke znatno je pojednostavljen.



Sl. 1.2. Generalizacija i smanjenje mjerila: a) izvorna karta u mjerilu 1:3 milijuna; b) smanjenje u mjerilo 1:12 milijuna bez generalizacije; c) generalizirani prikaz; d) generalizirani prikaz povećan u mjerilo 1:3 milijuna (Kraak i Ormeling 1996)

Kartografsku generalizaciju provodi kartograf u procesu izrade karte. Za izradu neke karte kao izvornik obično služi karta krupnjeg mjerila. Da bi se izradila karta sitnijeg mjerila treba izvornik generalizirati. Postavlje se pitanje da li su karte najkrupnijih mjerila koje nastaju kao rezultat neposredne izmjere na terenu također generalizirane. Geodet, geolog, kartograf ili neki drugi stručnjak pri izmjeri prostora pretvara objekte iz prirode u analogni ili digitalni model i pri tome provodi tzv. *objektnu generalizaciju* (Hake i Grünreich 1994). Npr. u detaljnoj geodetskoj izmjeri radi izrade planova mjerila 1:1000 snimit će geodet električni stup, manju vodenicu i slične objekte samo jednom točkom i označiti određenim znakom. U izmjeri za izradu karte mjerila 1:5000 zgrade se neće snimiti sa svim detaljima. Neka manja udubljenja i izbočenja bit će izostavljena.

Osim kartografske i objektne generalizacije postoji i *optička generalizacija*. To je

generalizacija prisutna na satelitskim snimcima. Uzrokovanja je odgovarajućom prostornom rezolucijom. Prostorna rezolucija je najmanji element na zemljишtu koji se na snimku može razaznati. Pri rezoluciji od 10 m najmanja točkica na snimku - piksel (od engleskog pixel = picture element = slikovni element) odgovara dijelu zemljista veličine $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$. Prema tome sve što je manje od prostorne rezolucije neće na snimku biti vidljivo. To je, dakle, također jedan oblik generalizacije. Količina primarnih informacija je na satelitskom snimku veća nego na karti, ali je karta preglednija i čitkija, jer se na karti neki objekti povećavaju i naglašavaju.

2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA GENERALIZACIJU

Čimbenici koji utječu na generalizaciju jesu:

- mjerilo karte
- minimalne veličine
- značajke krajolika
- namjena karte.

2.1. Mjerilo karte

Mjerilo karte ima presudan utjecaj na stupanj generalizacije, jer se smanjivanjem mjerila smanjuje prostor za prikaz određenog dijela Zemljine površine, a time i mogućnost točnog i detaljnog unošenja sadržaja. U tablici 1 dana je veličina jednog km^2 na kartama u četiri razna mjerila. Vidimo da za prikaz jednog km^2 na karti u mjerilu 1:1000 imamo na raspolaganju 1 m^2 , u mjerilu 1:10 000 1 dm^2 , u mjerilu 1:100 000 1 cm^2 , a u mjerilu 1:1 000 000 samo 1 mm^2 . Ako se radi o prikazu naselja, tada u mjerilu 1:1000 možemo prikazati svaku kuću sa svim detaljima, u mjerilu 1:100 000 samo veće ulice s blokovima zgrada, a u mjerilu 1:1 000 000 u najboljem slučaju naselje možemo prikazati samo malim kružićem.

Tablica 1.1. Površina jednog km^2 na kartama u različitim mjerilima

Mjerilo	$\text{cm} \times \text{cm}$
1:1 000	100 x 100
1:10 000	10 x 10
1:100 000	1 x 1
1:1 000 000	0,1 x 0,1

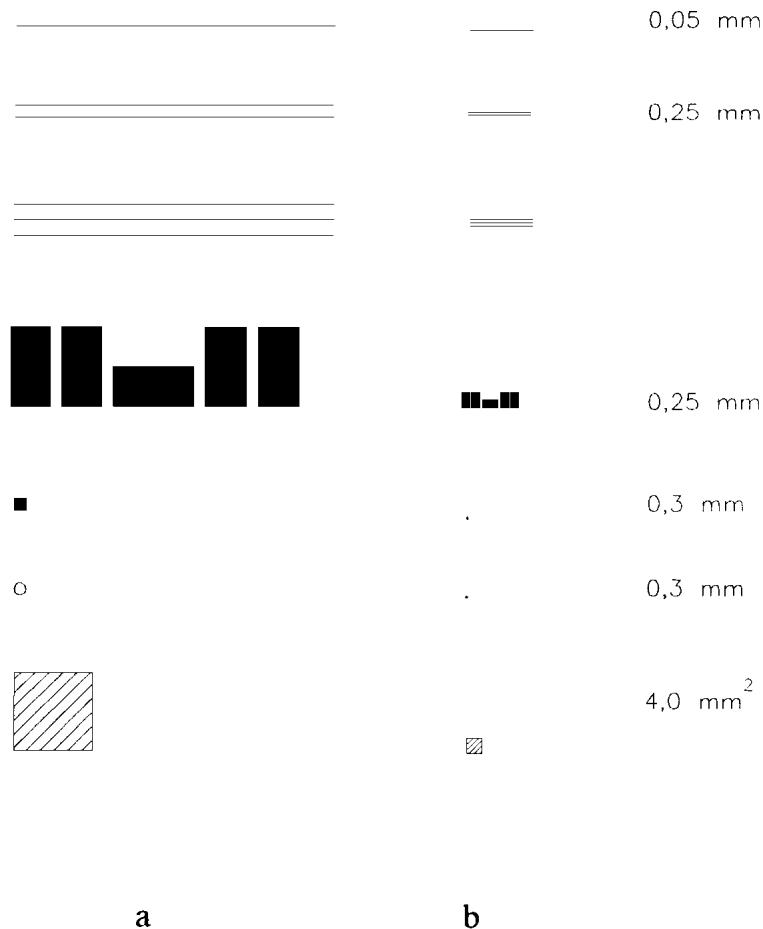
Mjerilo ne utječe na generalizaciju samo smanjenjem prostora. Potrebno je ukazati na još jedan razlog. Karte krupnih mjerila prikazuju manje dijelove Zemljine površine, a karte sitnijih mjerila mnogo veće dijelove. Taj različiti prostorni obuhvat utječe i na različito vrednovanje pojedinih objekata. Npr. na karti jedne općine važni su i kolski putovi, a na karti čitave države oni su balast. Na karti države bitne su ceste koje povezuju pojedine dijelove čitave države. Vidimo, dakle, da utjecaj mjerila na generalizaciju nije povezan samo sa smanjenjem prostora već i sa samom biti kartografskog prikaza u različitim mjerilima.

2.2. Minimalne veličine

Minimalne veličine jesu veličine ispod kojih se neki grafički element po obliku i veličini ne može više razaznati (sl. 2.1.). Prikaz u teoretskim dimenzijama na sl. 2.1. ne odgovara u potpunosti teoretskim dimenzijama zbog nedovoljne rezolucije laserskog pisača, nekvalitetnog papira i umnožavanja kopiranjem.

Nije uputno u kartografskom prikazu uvijek ići do minimalnih veličina iz ovih razloga:

- važne objekte moramo brzo uočiti, a ne da su tek jedva raspoznatljivi,
- razlike u oblicima moraju biti jasno uočljive,
- nemamo uvijek na naspolaganju optimalne uvjete za promatranje crteža,
- nemamo uvijek na naspolaganju najbolje tiskarsko-tehničke uvjete.



Sl. 2.1. Minimalne veličine: a) povećani prikaz; b) prikaz u teoretskim dimenzijama
(Schweizerische Gesellschaft für Kartographie 1975)

2.3. Značajke krajolika

Važnost značajki krajolika bit će jasna ako se podsjetimo na glavnu svrhu generalizacije, tj. što vjerniji prikaz tipičnih crta krajolika. Npr. u krajevima bogatim vodom nisu prikazani bunari, koje ne smijemo ispušтati u pustinjskim predjelima. Nadalje, u planinskim područjima visinske razlike od nekoliko desetaka metara manje su važne od visinskih razlika od 1-2 m u nizinskim područjima. U nizinama su i te male visinske razlike bitne ako dođe do poplava.

Na listu karte mjerila 1:1 000 000 koji obuhvaća gusto naseljena područja Europe izostavljena su mnoga naseljena mjesta. Istovremeno na listu karte koji obuhvaća rijetko naseljeni dio Afrike, prikazano je svako naselje, pa čak i veće oaze i stočarska prebivališta.

2.4. Namjena karte

Ako je karta namijenjena za neke kartometrijske radove, tada to dovodi do bitnog ograničavanja stupnja generalizacije.

U izradi tematskih karata, namjena karte postaje odlučujući čimbenik stupnja generalizacije.

Utjecaj namjene karte na njen sadržaj lako je uočiti usporedbom dviju školskih karata istog područja namijenjenih učenicima osnovnih i srednjih škola. Budući da učenici srednjih škola moraju steći mnogo detaljnija znanja iz geografije u odnosu na učenike osnovnih škola, razlikuju se i zemljopisne karte kojima se u nastavi služe. Različit je, prema tome, i stupanj njihove generalizacije.

Još uvjerljiviji primjer daju usporedbe detaljnosti i opsega prikaza istog područja na jednoj atlasnoj i zidnoj općegografskoj karti. Prva sadrži veći broj geografskih objekata, koji su točno i detaljno prikazani, dok je na drugoj njihov broj znatno manji, pritom shematisiran i prikazan mnogo većim znakovima. Veličina znakova i slova, koja ima veliki utjecaj na generalizaciju, diktirana je namjenom karte. Na zidnoj karti objekti moraju biti uočljivi iz mnogo veće udaljenosti pa su znakovi i slova mnogo veći nego na atlasnim kartama.

3. POSTUPCI GENERALIZACIJE

Kartografska generalizacija obuhvaća ove postupke:

- izbor
- pojednostavljivanje
- sažimanje
- povećavanje (naglašavanje)
- pomicanje
- pretvorba metode prikaza

Generalizacija može biti geometrijska i pojmovna. *Geometrijskom generalizacijom* uopćava se prostorna definiranost objekata. Uključuje praktički sve postupke generalizacije, a posebno su važni pojednostavljenje linijskih objekata i kontura površinskih objekata te proširivanje linijskih objekata (prometnice, vodotoci) kao najvažniji postupak povećanja. Provodi li se geometrijska generalizacija ručno, radi se o *grafičkoj generalizaciji*. Primjenjuje li se u generalizaciji računalna tehnologija, tada se geometrijska generalizacija provodi *numeričkom generalizacijom*.

Pojmovnom generalizacijom uopćavaju se sadržajna svojstva objekata. Ona uključuje kvantitativnu i kvalitativnu generalizaciju. *Kvantitativnu generalizaciju* primjenjujemo kad npr. smanjujemo broj klasa u prikazu naselja po broju stanovnika. Ako umjesto bjelogorične, crnogorične i mješovite šume prikažemo na karti samo šumu, radi se o *kvalitativnoj generalizaciji*.

3.1. Izbor

Izbor je najvažniji postupak generalizacije, jer se u njemu odlučuje da li će neki objekt biti prikazan na karti ili ne.

Budući da su na topografskim kartama naselja, prometnice, vode, reljef i raslinstvo jednako važni, to izbor objekata koje ćemo na karti prikazati treba provoditi zasebno unutar svake od tih pet grupa objekata. U ponekim situacijama bit ćemo prisiljeni i odstupiti od tog načela.

Izbor objekata možemo provoditi

- prema minimalnim veličinama
- na osnovi broja objekata i
- prema važnosti objekata.

3.1.1. Izbor prema minimalnim veličinama

Izbor prema minimalnim veličinama objekata najjednostavniji je oblik generalizacije. Svi objekti koji su u mjerilu karte manji od minimalnih veličina, izostavljaju se. Minimalne veličine većine objekata bit će bitno veće od onih graničnih veličina, koje još može razaznati ljudsko oko.

Ako sadržaj karte imamo u digitalnom obliku, tada je izbor prema minimalnim veličinama lako provesti. Npr. računaju se duljine svih rijeka i prikazuju se samo one dulje od 1 cm u mjerilu karte.

Za područja pod različitim kulturama kao minimalna veličina postavlja se obično površina, unutar koje se može čitko smjestiti barem jedan znak za pojedinu vrstu, a ta veličina iznosi oko 4 mm^2 .

Takav *bezuvjetan izbor* prema minimalnim veličinama ima nedostatak, jer dolazi do izjednačavanja u prikazu inače različitih krajolika. Npr. u krajoliku s vrlo malim zgradama izabire se mali broj zgrada, a u krajoliku s vrlo velikim zgradama izabire se veliki broj zgrada.

Da bi se izbjegle takve pogreške u prikazu umjesto bezuvjetnog primjenjujemo *uvjetni izbor*. Kod uvjetnog izbora prikazujemo sve objekte veće od minimalnih veličina ali i neke manje od minimalnih veličina. Tim posljednjim se u prikazu dodjeljuju minimalne veličine.

3.1.2. Izbor na osnovi broja objekata

Izbor prema minimalnim veličinama ponekad dovodi do iskrivljenog prikaza određenog krajolika. Npr. ako u određenom području ima vrlo mnogo malih jezera, moglo bi se dogoditi da izborom prema minimalnim veličinama sva otpadnu. Time se iskriviljuje prikaz krajolika. Da se to ne dogodi određeni broj jezera treba prikazati. Pitanje je koliko. Tim pitanjem bavili su se mnogi kartografi. Formule do kojih je F. Töpfer došao eksperimentalnim putem, poznate kao "zakon korjena", najčešće se citiraju. On je prvobitno izveo formulu (Töpfer 1974):

$$n_F = n_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}, \quad (3.1.)$$

a zatim je dopunio

$$n_F = n_A C_B C_Z \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}. \quad (3.2.)$$

U tim formulama pojedine oznake znače:

n_A - broj objekta u izvornom mjerilu

n_F - broj objekata u izvedenom mjerilu

M_A - nazivnik mjerila (faktor umanjenosti) izvorne karte

M_F - nazivnik mjerila (faktor umanjenosti) izvedene karte

C_B - konstanta važnosti objekta

C_Z - konstanta zbog razlike u kartografskim ključevima.

Ovisno o važnosti objekata konstanta C_B ima ove vrijednosti:

- za normalno važne objekte

$$C_B = 1 \quad (3.3.)$$

- za naročito važne objekte

$$C_B = \sqrt{\frac{M_F}{M_A}} \quad (3.4.)$$

- za malo važne objekte

$$C_B = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (3.5.)$$

Oznake normalno, malo i naročito važni objekti ne potječu samo od važnosti tih objekata za korisnika karte, već su povezani s osobinama objekata i načinom njihovog kartografskog prikaza. Stoga se mogu npr. objekti koje bi korisnik karte označio kao objekte normalne važnosti u generalizaciji tretirati kao objekti male ili naročite važnosti.

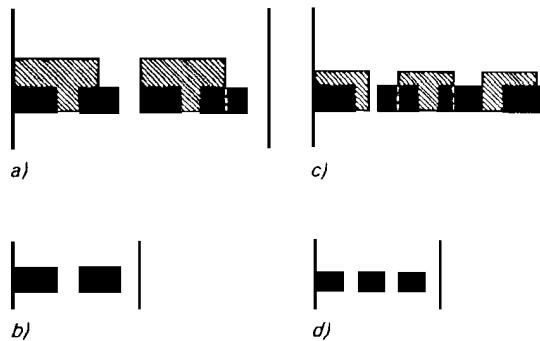
U generalizaciji atlaskih karata otoke i jezera smatrati ćemo objektima naročite važnosti, jer su zbog svoje veličine još djelomično tlocrtno vjerno prikazani. Naselja ćemo, međutim, smatrati objektima male važnosti, jer uz kartografski znak dolazi i ime koji jako opterećuje kartu. Stoga se naselja s imenima, zbog velikog zauzeća prostora, smatraju objektima male važnosti.

Konstante važnosti objekata najčešće se biraju u skladu sa svrhom karte. U atlasmu je to povezano s podjelom na glavne i pregledne karte. *Glavne karte* su karte na kojima su određeni objekti prikazani u najkrupnijem mjerilu s najviše detalja. *Pregledne karte* daju pregled većih dijelova Zemljine površine. Pri njihovoj izradi može se jače generalizirati, jer su detalji prikazani na glavnim kartama. Stoga se pri prijelazu s glavnih na pregledne karte u generalizaciji primjenjuju konstante male važnosti.

Prikaz delte Nila na sl. 1.1.c dobiven je uz primjenu konstante normalne važnosti, a prikaz na sl. 1.1.f uz primjenu konstante male važnosti. Prikaz 1.c odgovara glavnoj karti, a prikaz 1.f preglednoj karti.

U generalizaciji važnu ulogu ima i usvojeni kartografski ključ. Kartografskim se ključem odlučuje koji će objekti i stanja biti prikazani na karti i na koji način. Za svaku vrstu objekata

određuju se sredstva za prikaz tj. kartografski znak prema vrsti, obliku, boji i veličini. Kod dosta objekata njihova je veličina mjerodavna za generalizaciju (debljina crta, veličina znakova, veličina slova itd.). Tako npr. deseterostruko povećan isječak karte izvornog mjerila na sl. 3.1. u jednom odsječku ceste sadrži četiri znaka za zgrade. Ako se mjerilo prikaza smanji na polovicu izvornog mjerila i primjeni isti ključ za crtanje, mogu se prikazati samo dva znaka za zgrade (sl. 3.1.b). Međutim, s nešto umanjenim znacima mogu se prikazati tri zgrade (sl. 3.1.d) (Töpfer 1974).



Sl. 3.1. Utjecaj kartografskog ključa na prikaz zgrada (Töpfer 1974)

Ako je kartografski ključ za izvedeno mjerilo usklađen onome za izvorno mjerilo po "zakonu korjena", tada je

$$C_Z = 1 \quad (3.6.)$$

Za linearne objekte (ceste, rijeke) kod kojih je važna samo širina znaka, C_Z se računa po formuli

$$C_Z = \frac{s_A}{s_F} \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (3.7.)$$

gdje su:

s_A - širina znaka u izvornom mjerilu

s_F - širina znaka u izvedenom mjerilu

Od mjerila karata 1:100 000 prema sitnijima primjenjuje se u pravilu isti kartografski ključ pa je

$$\frac{s_A}{s_F} = 1 \quad (3.8.)$$

Za površinske objekte (jezera, naselja) čija je površina mjerodavna za generalizaciju, C_Z

se računa po formuli

$$C_Z = \frac{f_A}{f_F} \frac{M_A}{M_F} \quad (3.9.)$$

Za mjerila 1:100 000 i sitnija

$$\frac{f_A}{f_F} = 1 \quad (3.10.)$$

gdje su:

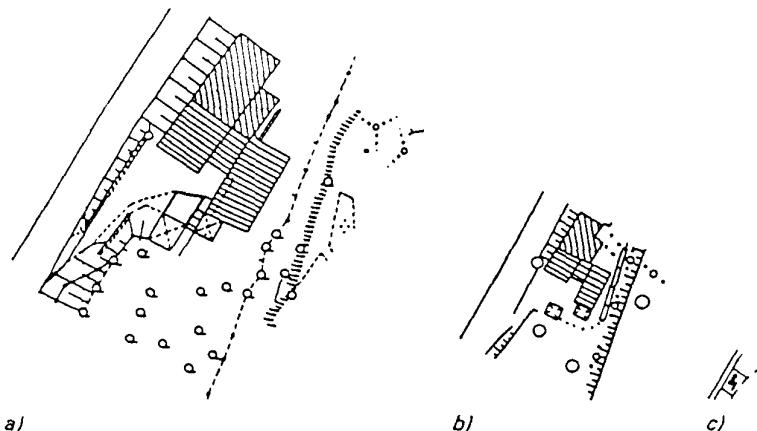
f_A - površina znaka u izvornom mjerilu

f_F - površina znaka u izvedenom mjerilu.

Ako na izvornoj i izvedenoj karti nije primijenjen isti kartografski ključ, niti su kartografski ključevi uskladjeni po zakonu korjena, tada kvocijente s_A/s_F i f_A/f_F moramo odrediti mjerenjem na karti, na kartografskom ključu ili po legendi. Ako je u najjednostavnijem slučaju objekt koji prikazujemo prikazan samo jednim znakom, tada veličina tog znaka na obje karte daje jedini mogući realan kvocijent. U svim drugim slučajevima nastaju teškoće u određivanju tih kvocijenata. Prihvatljive vrijednosti mogu se dobiti:

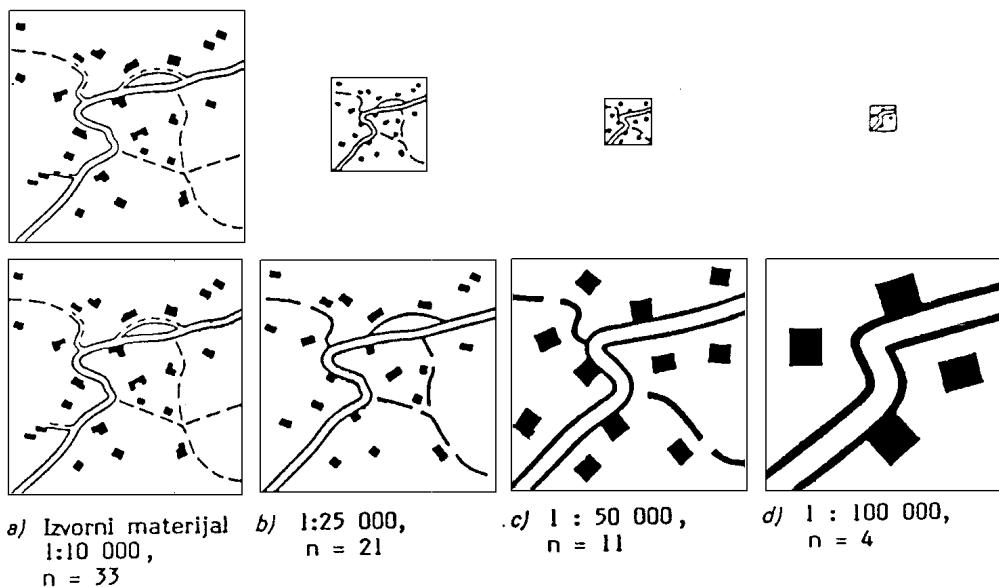
1. mjerenjem najmanjih znakova, ako oni određuju stupanj generalizacije,
2. određivanjem srednje vrijednosti najvećeg i najmanjeg znaka, veličine slova itd.,
3. mjerenjem na više pojedinačnih objekata,
4. vizualnom procjenom.

Primjeri



Sl. 3.2. Generalizacija prikaza malog gospodarstva: a) izvornik 1:1000, $n=7$ (zgrada); b) 1:2000, $n=6$; c) 1:10 000, $n=2$ (Töpfer 1974)

Primjer 1. Gospodarstvo na sl. 3.2. prikazano u mjerilu 1:1000 sastoji se od sedam zgrada. Koliko ih po zakonu korjena treba prikazati na karti mjerila 1:10 000? Budući da se radi o tlocrtnom prikazu a ne prikazu kartografskim znakovima, primijenit ćemo zakon korjena u jednostavnom obliku, tj. računat ćemo po formuli (3.1.). Dobije se zaokruženo $n=2$, što odgovara i prikazu na karti (sl. 3.2.c) (Töpfer 1974).



Sl. 3.3. Generalizacija raštrkanog naselja (gore izvorno mjerilo; dolje povećanje na mjerilo 1:10 000) (Imhof 1968; Töpfer 1974)

Primjer 2. Na sl. 3.3. (Töpfer 1974) prikazan je primjer generalizacije zgrada preuzet od Imhofa (1968). Teškoće su se pojavile u brojanju zgrada na izvornoj karti mjerila 1:10000. Iz primjera na sl. 3.2. vidljivo je da na karti u mjerilu 1:10000 zgrada s više od četiri ugla najčešće prikazuje više zgrada. Uvezši to u obzir brojano je ovako:

$$\begin{aligned}4 \text{ ugla} &= 1 \text{ zgrada} \\6 \text{ uglova} &= 2 \text{ zgrade} \\8 \text{ uglova} &= 3 \text{ zgrade, itd.}\end{aligned}$$

Brojeći na taj način prikaz na sl. 3.3.a sadrži $n_{10}=33$ zgrade. Prikaz na sl. 3.3.b zorno pokazuje da se prijelaz od tlocrtno vjernog prikaza na prikaz znakovima događa na karti mjerila 1:25 000. Zbog toga ćemo ovdje primijeniti jednostavni zakon korjena, tj. formulu (3.1.). Po toj formuli dobije se $n_{25}=33 \cdot 0,63=20,8 \approx 21$ zgrada, što odgovara prikazu na sl. 3.3.b.

U računanju broja zgrada na karti u sljedećem mjerilu treba uzeti u obzir utjecaj

kartografskih ključeva, jer se u oba mjerila (1:25 000 i 1:50 000) zgrade prikazuju kartografskim znakovima. Kod zgrada je površina koju zauzima kartografski znak mjerodavna za generalizaciju, pa treba odrediti kvocijent f_A/f_F . Budući da nemamo kartografske ključeve iz kojih bismo mogli uzeti veličine znakova, trebalo bi izmjeriti površinu zgrada na čitavoj karti iz koje bi se izračunale srednje vrijednosti. To je često suviše opsežan posao pa ćemo se poslužiti procjenom. Ako površine znakova odgovaraju zakonu korjena, tada je $C_Z=1$ pa iz formule (3.9.) slijedi

$$\frac{f_A}{f_F} = \frac{M_F}{M_A} \quad (3.11.)$$

i kod istih površina znakova u izvornom i izvedenom mjerilu $f_A/f_F = 1$. Sa sl. 3.3. se vidi da su pri prijelazu iz mjerila 1:25000 u mjerilo 1:50000 neki znakovi smanjeni prema zakonu korjena, a neki su isti, to se traženi kvocijent može izračunati kao srednja vrijednost po formuli

$$\frac{f_A}{f_F} = \sqrt{\frac{M_F}{M_A}} \quad (3.12.)$$

Uvrsti li se taj izraz u (3.9.) dobiva se

$$C_Z = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (3.13.)$$

a potom uvrštavanjem C_Z u (3.2.) i uz prepostavku da je $C_B = 1$ slijedi

$$n_F = n_A \frac{M_A}{M_F} \quad (3.14.)$$

i uvrštavanjem $n_{50}=n_{25}/2=10,5$. Iz toga slijedi da se u mjerilu 1:50 000 ucrtava 10 ili kako je na sl. 3.3.c prikazano 11 zgrada.

Na karti mjerila 1:100 000 znakovi za zgrade gotovo su istih površina kao i na karti mjerila 1:50 000 pa je $f_A=f_F$ i uvrštavanjem u (3.9.) dobiva se $C_Z=M_A/M_F$ i potom uvrštavanjem u (3.2.) i uz prepostavku da je $C_B = 1$ slijedi

$$n_F = n_A \sqrt{\left(\frac{M_A}{M_F}\right)^3} \quad (3.15.)$$

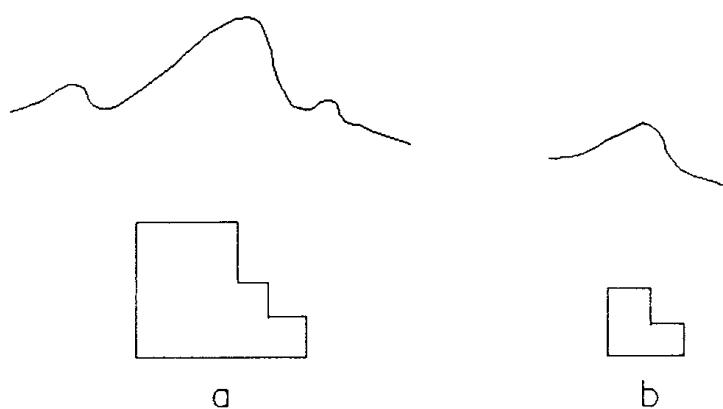
odakle se može izračunati $n_{100}=11 \cdot 0,35=4$, što odgovara prikazu na sl. 3.3.d.

3.1.3. Izbor prema važnosti objekata

Kod nekih objekata izbor je svršishodno provoditi na osnovi važnosti objekata. To se, primjerice, odnosi na povijesne spomenike. Da bismo mogli provoditi izbor prema važnosti objekata, moraju ti objekti biti kategorizirani prema važnosti. Tako su i povijesni spomenici svrstani prema važnosti u kategorije. Najznačajniji spomenici spadaju u "nultu" kategoriju, zatim dolaze spomenici prve kategorije itd.

3.2. Pojednostavnjivanje

Kod linijskih objekata pojednostavnjivanje njihovih tokova nazivamo izglađivanjem ili glaćanjem linija, a kod površinskih objekata govorimo o pojednostavnjivanju njihovih obrisa (Lovrić 1976) (sl. 3.4.).



Sl. 3.4. Pojednostavnjivanje linijskih i površinskih objekata:
a) izvorna karta, b) izvedena karta

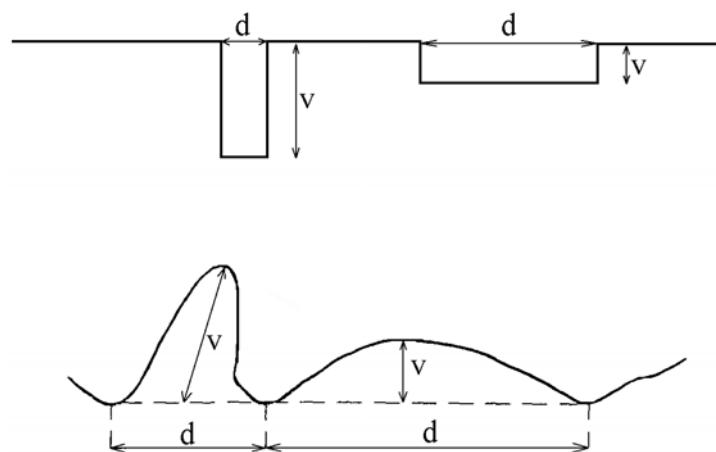
3.2.1. Pojednostavnjivanje prema minimalnim veličinama

I za pojednostavnjivanje linijskih objekata možemo odrediti minimalne veličine za duljinu i dubinu izbočina (sl. 3.5.). Sve izbočine manje od tih veličina se izostavljaju. Pritom se držimo određenih pravila.

Kod izgrađenih objekata isključivanje neke izbočine provodi se pravolinjskim odsjecanjem izbočine i provlačenjem linije ne uvažavajući udubine. Kod prirodnih objekata, koji u prirodi ili na karti imaju vijugavi tok, mora i generalizirana linija nakon izglađivanja ostati vijugava. Kada izbočine i udubine slijede jedna drugu, tada generalizirana linija mora biti tako

povučena, da se postigne izjednačavanje površina (Lovrić 1976).

Iznosi graničnih veličina za izbočine i udubine nisu u svim slučajevima isti, već u prvom redu ovise o debljini i vrsti linijskog kartografskog znaka. Za liniju debljine 0.1 mm minimalna dubina je 0.4 mm, a minimalna duljina 0.8 mm za jako vijugave linije, 1.0 mm za normalno vijugave linije i 1.5 mm za slabo vijugave linije.

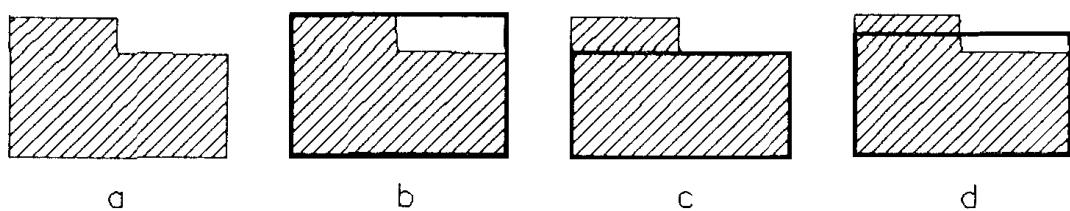


Sl. 3.5. Minimalne veličine u pojednostavnjivanju

Svaki pojedinačni postupak pojednostavnjivanja provodi se prema jednoj od sljedeće tri osnovne smjernice:

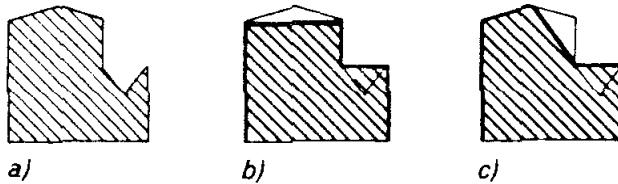
- naglašavanje
- oslabljivanje
- očuvanje površina.

Različiti rezultati pri generalizaciji istog detalja na osnovi tih smjernica prikazani su na sl. 3.6. U primjeru na toj slici najispravnije bi bilo primijeniti očuvanje površina (sl. 3.6.d), jer je dio koji se odsijeca jednak dijelu koji se dodaje. Ako je lijevi dio bitno veći od desnog treba primijeniti naglašavanje (sl. 3.6.b), a u obrnutom slučaju oslabljivanje (sl. 3.6.c). Međutim, to je samo opći slučaj, a inače treba objekt stepeničastih obrisa ostati takav i nakon generalizacije.



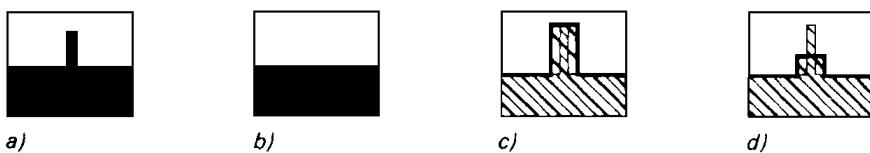
Sl. 3.6. Osnovne smjernice postupka pojednostavnjivanja: a) izvornik, b) naglašavanje, c) oslabljivanje, d) očuvanje površina

Na sl. 3.7. dana su dva primjera pojednostavnjivanja oblika rezanjem dva ugla (Töpfer 1974). Bolji, karakterističniji je primjer pod c), jer vjernije prikazuje nepravilni tlocrt zgrade.



Sl. 3.7. Izrezivanje uglova (Töpfer 1974)

Na sl. 3.8. dani su primjeri različitih postupaka generalizacije izbočine. Nevažna, mala izbočina jednostavno se odsijeca (sl. 3.8.b), vrlo istaknuta šiljata izbočina povećava se i osigurava očuvanje njene istaknutosti (sl. 3.8.c), dok se u normalnom slučaju izbočina zadržava uz očuvanje površine (sl. 3.8.d).



Sl. 3.8. Generalizacija izbočine

3.2.2. Izglađivanja linija na principu opće aritmetičke sredine

Za izglađivanje linijskih kartografskih objekata predložio je Gottschalk (1971) metodu koja se zasniva na principu opće aritmetičke sredine. Po toj metodi koordinate pojedine točke zamjenjuju se koordinatama dobivenim općom aritmetičkom sredinom iz nekoliko susjednih točaka po formulama:

$$x_k = \frac{\sum_i x_i p_i}{\sum_i p_i}, y_k = \frac{\sum_i y_i p_i}{\sum_i p_i} \quad (3.16.)$$

U tim formulama težina p_i računa se po formuli

$$p_i = 1 - \frac{|i - N_0|}{n}, \quad (3.17.)$$

gdje su:

i - redni broj točke u segmentu

N_0 - redni broj točke za koju se računa srednja vrijednost

n - broj točaka lijevo i desno od zadane točke.

3.2.3. Pojednostavljanje prema zakonu korjena

Ako na određenom dijelu nekog linijskog objekta imamo n izbočina, postavlja se pitanje koliko ih još možemo prikazati na izvedenoj karti u sitnjem mjerilu. Odgovor daje zakon korjena

$$n_F = n_A C_B C_Z \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}. \quad (3.18.)$$

Budući da se radi o linearnim objektima, to je

$$C_Z = \frac{s_A}{s_F} \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}, \quad (3.19.)$$

a za C_B možemo uzeti da je $C_B=1$ (vidi odjeljak 3.1.2.).

Do mjerila 1:100 000 širine znakova mogu slijediti zakon korjena pa je i $C_Z=1$ a

$$n_F = n_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}}. \quad (3.20.)$$

Nakon mjerila 1:100 000 širine linija bit će jednake, tj. $s_A=s_F$, a

$$C_Z = \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (3.21.)$$

pa je

$$n_F = n_A \frac{M_A}{M_F} \quad (3.22.)$$

Primjer 1. $n_A=10$, $1:M_A=1:25\ 000$, $1:M_F=1:50\ 000$, $n_F=?$

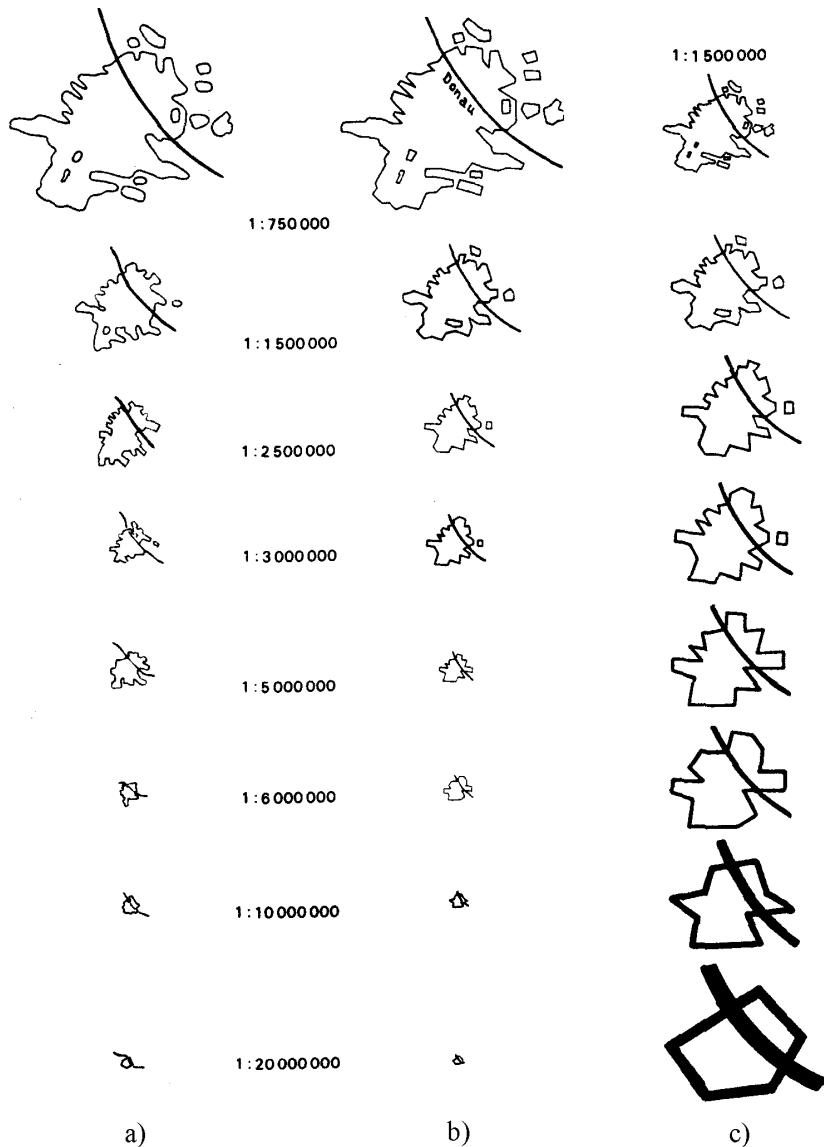
Prema (3.20.)

$$n_F = 10 \sqrt{\frac{25000}{50000}} \approx 7$$

Primjer 2. $n_A=10$, $1:M_A=1:100\,000$, $1:M_F=1:200\,000$, $n_F=?$

Prema (3.22.)

$$n_F = 10 \cdot \frac{100000}{200000} = 5$$

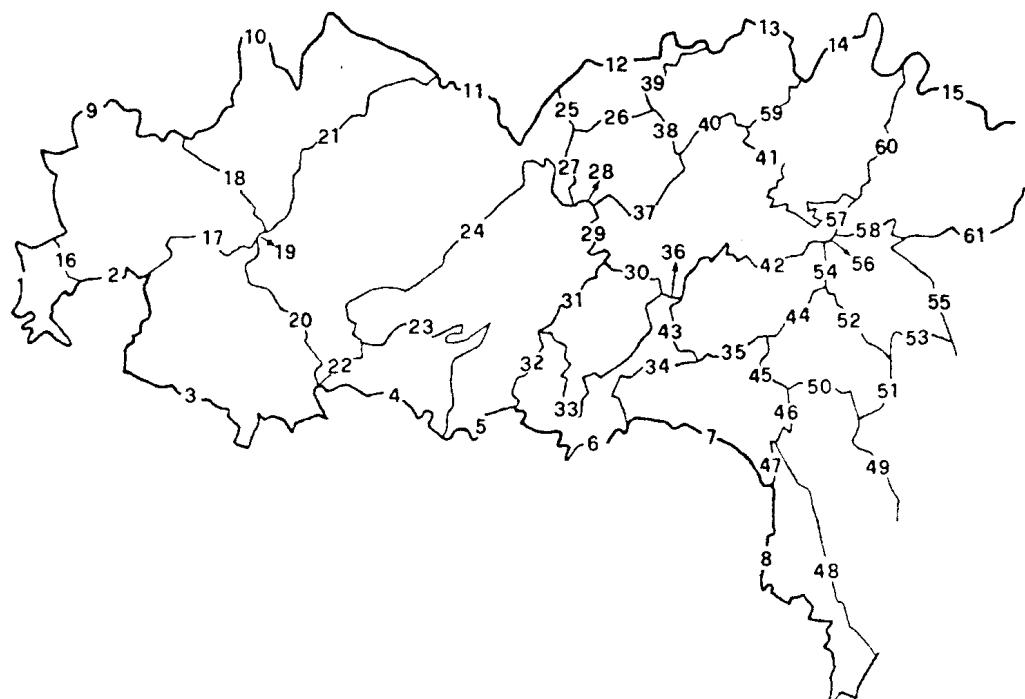


Sl. 3.9. Generalizacija tlocrtnog prikaza Beča u nizu mjerila; a) u austrijskom srednjoškolskom atlasu; b) prema zakonu korjena c) prikaz pod b) sveden u mjerilo 1: 1 500 000 (Pillewizer i Töpfer 1964)

Primjer 3. Slika 3.9. ilustrira primjenu zakona korjena u pojednostavnjivanju tlocrtnog prikaza Beča u nizu mjerila. Izvorni prikaz u mjerilu 1:750 000 preuzet je iz austrijskog srednjoškolskog atlasa. Prikaz je precrtan i pri tome su naglašeni vrhovi da bi se lakše izbrojali. Potom je po zakonu korjena izračunat broj vrhova za niz mjerila. Konstanta važnosti objekata izračunata je po formuli (3.5.) za malo važne objekte. Budući da je obris crtan u svim mjerilima crtom jednake debljine, tj. po istom kartografskom ključu, uzeto je $s_A=s_F$. Usporedba s prikazima iz austrijskog školskog atlasa pokazuje da prikazi u pojedinim mjerilima nisu dosljedno izvedeni iz prikaza u krupnijim mjerilima, npr. u mjerilima 1:5 milijuna, 1:6 milijuna i 1:10 milijuna.

3.2.4. Kompjutorski programi

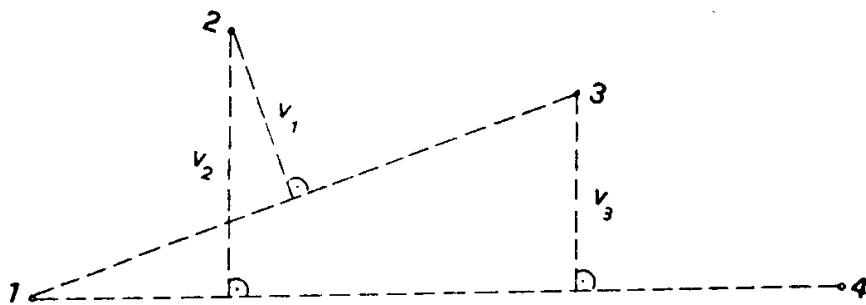
Istraživanja u svrhu kompjutorski podržane generalizacije linijskih kartografskih elemenata započela su u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu još 1973. godine. U sklopu programa za izradu karte granica Hrvatske koncipiran je i program za generalizaciju granica teritorijalnih jedinica. Budući da nismo imali na raspolaganju digitalizator, digitalizacija je izvršena očitavanjem koordinata s planova 1:1000 nove izmjere i planova 1:2880 u Kloštar-Ivanićkom koordinatnom sustavu.



Sl. 3.10. Šifriranje granica katastarskih općina upravne općine Samobor prema stanju 1973. godine

Sastavljena je datoteka s koordinatama ukupno 3315 točaka. Razrađena je i metoda šifriranja prema kojoj je šifra sadržavala brojeve teritorijalnih jedinica lijevo i desno od segmenta koji se digitalizira. Kao segment označen je dio granice između dviju čvornih točaka (sl. 3.10.) (Frančula 1973). Budući da u to vrijeme ni Geodetski fakultet ni Sveučilišni računski centar nisu imali ploter, radovi su nastavljeni tek 1978. godine, kad nam je omogućena upotreba plotera CalComp 1036 Građevinskog instituta u Zagrebu. Prve kompjutorske programe za izglađivanje linijskih kartografskih objekata napisali smo 1981. godine (Frančula i dr. 1981). Bili su to programi u FORTRAN-u za veliko računalo Sveučilišnog računskog centra i off line crtanje ploterom. Sastavili smo potprograme za izglađivanja prema minimalnim veličinama, na principu opće aritmetičke sredine i pomoću splajnova.

Algoritam za izglađivanje pomoću minimalnih veličina sastavili smo primjenjujući prijedloge Ivanova (1965) i Langa (1969). Neka su točke 1, 2, 3, 4 točke linije koju treba pojednostaviti (sl. 3.11.).



Sl. 3.11. Izglađivanje prema minimalnim veličinama

Iz točke 2 spušta se okomica na spojnicu 1-3. Ako su visina v_1 i duljina 1-3 manje od graničnih vrijednosti, postupak se nastavlja tako da se iz točaka 2 i 3 spuštaju okomice na spojnicu 1-4. Ako je npr. visina v_2 ili duljina 1-4 veća od graničnih vrijednosti, iscrtava se spojnica 1-3 i postupak se nastavlja polazeći od točke 3 kao početne točke.

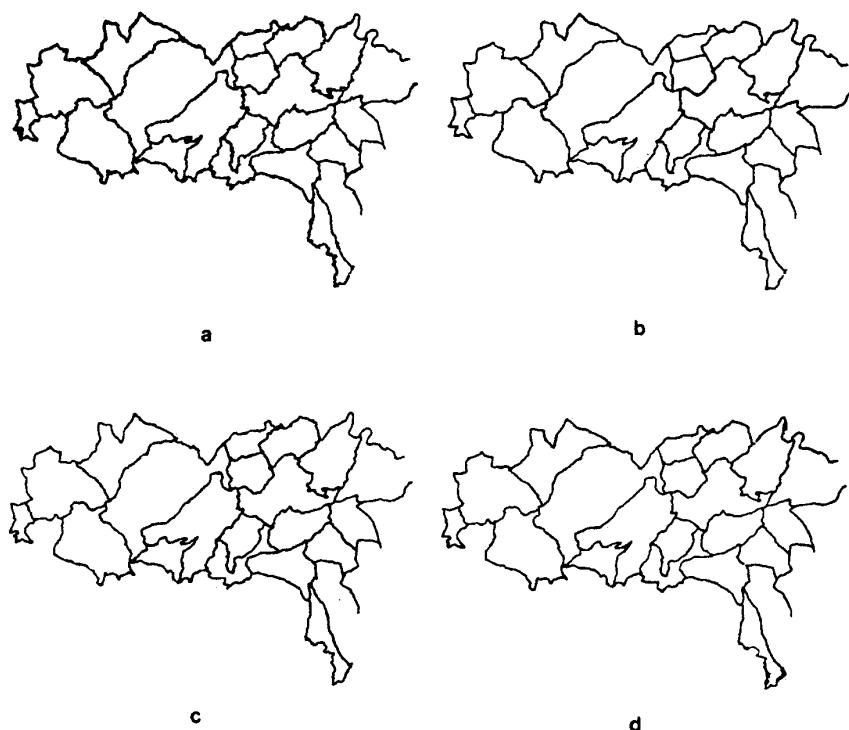
Da bi se ispitala upotrebljivost navedenih metoda za izglađivanje linijskih kartografskih elemenata, sastavljen je kompjutorski program u FORTRAN-u nazvan GENLIO (GENeralizacija LIjijskih Objekata). Program se sastoji iz glavnog programa, potprograma GAUSS6B za transformaciju između susjednih koordinatnih sustava Gauss-Krügerove projekcije i tri potprograma za izglađivanje linijskih kartografskih elemenata. To su:

GENER1 - potprogram za izglađivanje linija kombiniranim metodom Ivanova i Langa

GENER2 - potprogram za izglađivanje linija po principu opće aritmetičke sredine (Gottschalkova metoda)

GENER3 - potprogram za izglađivanje linija pomoću splajnova.

Odlučeno je potom, da se program testira i na generalizaciji obalne linije. Da bi se dobili potrebni podaci, koordinate točaka obalne linije Jadrana očitane su s topografske karte mjerila 1:100 000 u poliedarskoj projekciji. Hrvatska obala Jadrana, bez otoka digitalizirana je s ukupno 2885 točaka. Budući da je, na taj način, već izborom karakterističnih točaka izvršena generalizacija, to tako dobiveni podaci mogu poslužiti za generalizaciju samo pri velikim umanjenjima, npr. dvadeseterostrukom smanjenju.



Sl. 3.12. Granice katastarskih općina područja Samobor u mjerilu 1:500000; a) izvorni prikaz; b) metoda Ivanova i Langa, $v=0,3$ mm, $d=0,8$ mm; Gottschalkova metoda: c) $n=1$, d) $n=2$

Na sl. 3.12. dani su rezultati kompjutorskog izglađivanja linija granica katastarskih općina područja Samobor u mjerilu 1:500 000. Prikaz na sl. 3.12.a je izvorni prikaz. Pri ocjeni tog prikaza treba uzeti u obzir sljedeće. Granice katastarskih općina definirane su odsjećcima pravaca između prelomnih točaka. Zbog toga je i pri velikim umanjenjima potreban mali stupanj izglađivanja linija. Nadalje, svaki prikaz nacrtan ploterom u određenom je stupnju generaliziran, jer ploterom se sve veličine manje od rezolucije plotera ne mogu nacrtati.

Od većeg broja prikaza dobivenih kombiniranim metodom Ivanova i Langa, a za različite vrijednosti parametara v i d , na sl. 3.12.b prikazan je najbolji. Međutim, ni na tom prikazu nisu pojedini dijelovi pravilno pojednostavljeni, npr. luk broj 41 (usporedi sa sl. 3.10.).

Bolji rezultati dobiveni su Gottschalkovom metodom. Na sl. 3.12.c i sl. 3.12.d dani su prikazi za $n=1$ i $n=2$, gdje je n broj točaka lijevo i desno od pojedine točke uzet u obzir pri izglađivanju. Najbolji rezultat dobiven je za $n=2$.

Za analizu kompjutorske generalizacije obalne linije Jadrana izdvojena je obalna linija Istre. Na sl. 3.13. prikazana je obala Istre u mjerilu 1:1 000 000 dobivena na osnovi digitaliziranih točaka prethodno opisanim postupkom. Pri crtanjtu tog prikaza nije primijenjena generalizacija.

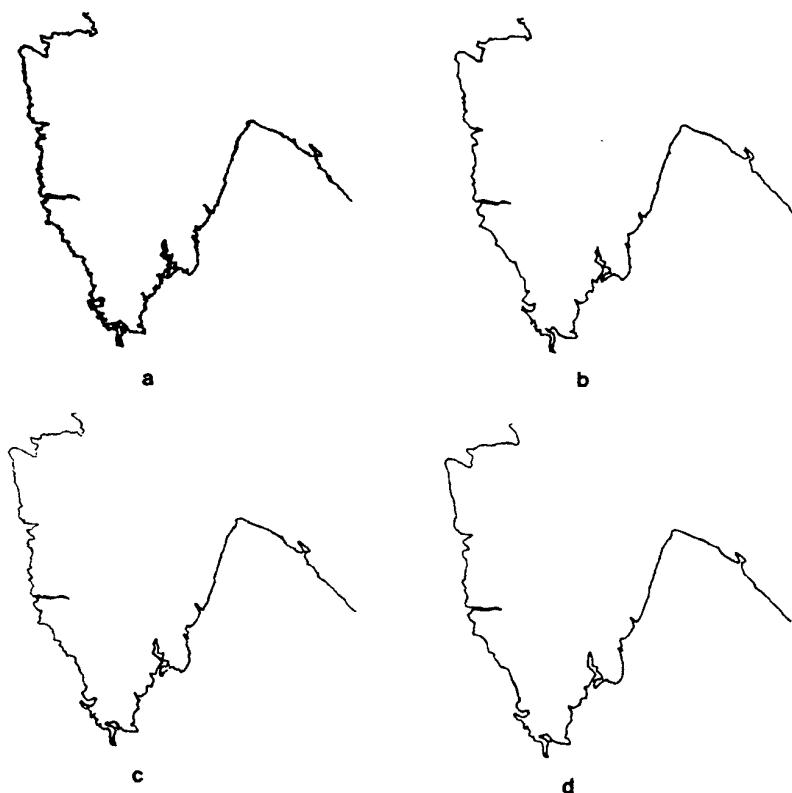


Sl. 3.13. Izvorni prikaz obale Istre u mjerilu 1:1 000 000

Na sl. 3.14. prikazana je obala Istre u mjerilu 1:2 000 000. Prikaz na sl. 3.14.a dobiven je smanjivanjem izvornog prikaza u mjerilo 1:2 000 000. Najbolji prikaz dobiven kombiniranom metodom Ivanova i Langa postignut je za $v=0,4$ mm i $d=0,8$ mm (sl. 3.14.b). Prikazi dobiveni Gottschalkovom metodom za $n=1$ i $n=2$ dani su na sl. 3.14.c i sl. 3.14.d. Analiza pokazuje da ni jedan od dobivenih prikaza u potpunosti ne zadovoljava. Npr. kombiniranom metodom Ivanova i Langa (sl. 3.14.b) karakterističan oblik Bakarskog zaljeva nije dobro prikazan. U prikazu Gottschalkovom metodom za $n=1$ linija je još suviše "drhtava". U prikazu dobivenom za $n=2$ (sl. 3.14.d) neki su karakteristični detalji suviše izglađeni. Međutim, usprkos iznesenim nedostatcima, možemo najbolji prikaz Gottschalkovom metodom (sl. 3.14.d) smatrati dobrom osnovom iz koje će kartograf malim intervencijama dobiti dobro generalizirani prikaz.

Opisana istraživanja nastavila je N. Vučetić, asistentica u Zavodu za kartografiju, u

sklopu svog magistarskog rada (Vučetić 1996). Sastavila je kompjutorski program



Sl. 3.14. Obala Istre u mjerilu 1:2 000 000; a) izvorni prikaz u mjerilu 1:000 000 smanjen u mjerilo 1:2 000 000; b) metoda Ivanova i Langa, $v=0,4$ mm, $d=0,8$ mm; Gottschalkova metoda:
c) $n=2$, d) $n=4$

GENLIN.BAS za kartografsku generalizaciju linijskih elemenata karte koji je napisan u QuickBASICu 4.5, a može se upotrebljavati na svim osobnim računalima koja rade pod operacijskim sustavom MS-DOS.

Program se sastoji od glavnog programa i šest potprograma u kojima se provodi generalizacija po odabranoj metodi. U program su uključene: metoda Ivanova, metoda Langa, kombinirana metoda Ivanova i Langa, Douglas-Peuckerova metoda, Gottschalkova metoda izglađivanja na principu opće aritmetičke sredine, te izglađivanje pomoću parametarskih linearnih splajnova. Izbor metode generalizacije obavlja se u za to predviđenom izborniku.

Ulagani podaci za generalizaciju su koordinate skupa točaka koje predstavljaju linijski element, i to u obliku ASCII datoteke. Ta datoteka pored samih koordinata sadrži i naziv linije. Izlazni, generalizirani podaci se spremaju u datoteku koja je po obliku jednaka ulaznoj. Takvi podaci mogu se onda pomoću malog programa transformirati u oblik koji razumije AutoCAD ili neki drugi CAD program te pomoći njega iscrtati.

Program GENLIN je isprobao na generalizaciji kopnene granice, obalne linije kopna i otoka Republike Hrvatske.

Podaci za kopnenu granicu, obalnu liniju kopna i otoka dobiveni su digitalizacijom izvršenom pomoću digitalizatora CalComp 9100 Zavoda za kartografiju, i to u njegovom lokalnom sustavu (Čipčić 1991, Rukavina 1992), te kasnije Helmertovom transformacijom koordinata transformirani u koordinatni sustav Gauss-Krügerove projekcije (Radetić 1992, Poslončec 1992). Ručna digitalizacija je izvedena na karti teritorijalne podjele Hrvatske u mjerilu 1:1 000 000 izrađenoj u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta 1979. godine u Gauss-Krügerovoj projekciji sa srednjim meridijanom $\lambda_0=16^{\circ}30'$.

Primjeri generalizacije linija pomoću programa GENLIN iscrtani su pomoću programskog paketa AutoCAD12 na laserskom pisaču HP 4L u mjerilu 1:3 500 000. Prikaz generaliziran Gottschalkovom metodom ($n=4$) dan je na sl. 3.15.

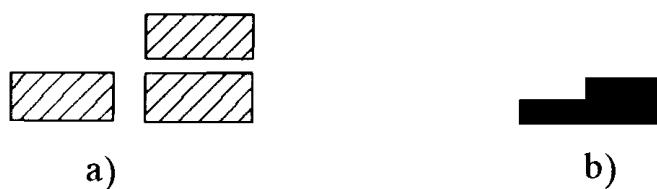


Sl. 3.15. Prikaz u mjerilu 1:3 500 000 generaliziran Gottschalkovom metodom ($n=4$)

3.3. Sažimanje

Sažimanje je proces generalizacije koji primjenjujemo već u redakcijskim pripremama, ali i u provođenju kartografske generalizacije. U izradi kartografskog ključa možemo kvalitativna i kvantitativna obilježja kao i razne podvrste sažeti i pridružiti im određeni kartografski znak. Sadržajno sažimanje usko je povezano s pojmovnom generalizacijom te nadalje s izborom objekata i pretvorbom metode prikaza.

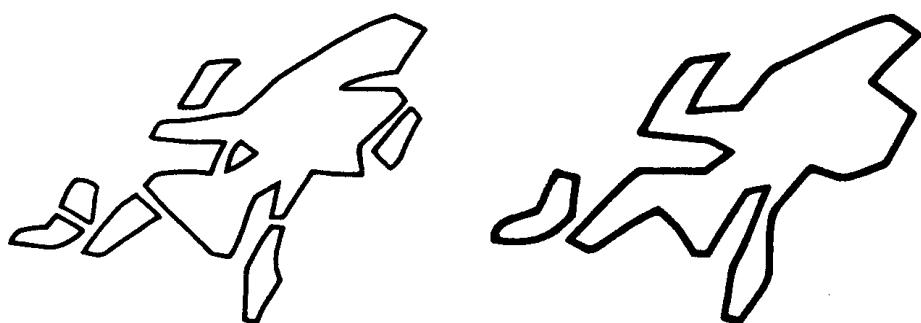
Sažimanje je grafičko spajanje susjednih istovrsnih objekata, kad je razmak između njih manji od minimalnih veličina. Na sl. 3.16. prikazano je sažimanje zgrada.



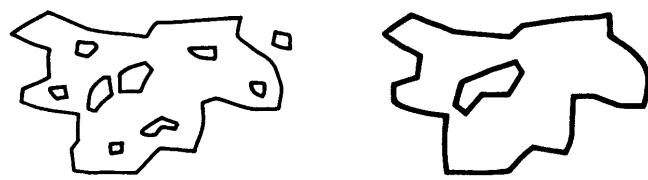
Sl. 3.16. Sažimanje: a) izvorna karta, b) izvedena karta

Ili drugi primjer, ako je na izvornoj karti ekvidistancija između 1 m, a na izvedenoj karti 5 m, tada dva mala bliska brežuljka možemo spojiti u jedno uzvišenje, tj. dvije zatvorene izhipse spojiti u jedan oval.

U sažimanju naglasak je često na pridruživanju malih oblika većoj cjelini kojoj oni u prirodi pripadaju (sl. 3.17.). Sažimanje stoga gotovo u pravilu dovodi do povećavanja površina. Stoga da bi se sačuvali stvarni odnosi, treba pojedine male dijelove izostavljati. Nadalje, ne možemo sažimati udaljene objekte, pa je to još jedan razlog da postupak sažimanja kombiniramo s drugim postupcima generalizacije, najčešće s izborom tj. s izostavljanjem pojedinih malih površina (sl. 3.18.) (Schweizerische Gesellschaft für Kartographie 1975).

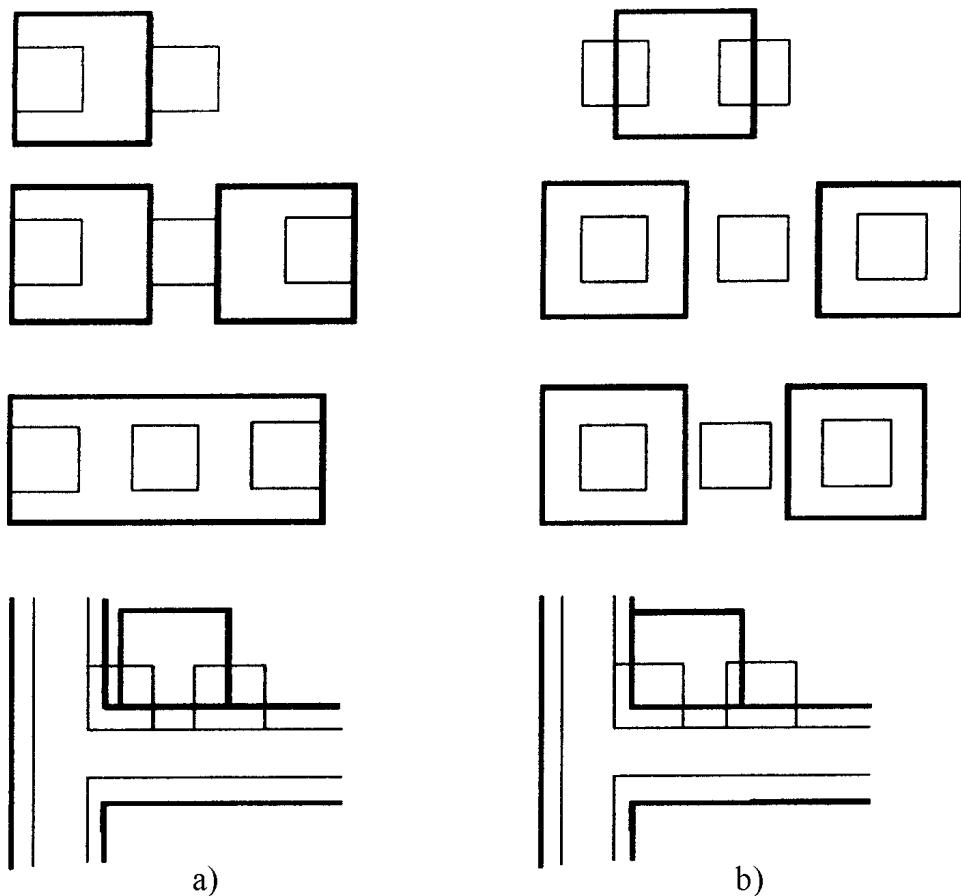


Sl. 3.17. Pridruživanje malih područja većoj cjelini



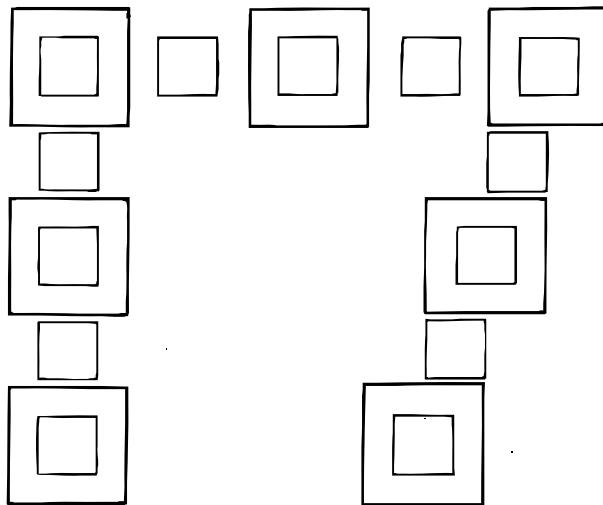
Sl. 3.18. Izostavljanje i sažimanje malih područja

U postupku sažimanja treba nastojati da izvorni oblik, veličina i razmaci između objekata budu očuvani usprkos smanjenju broja objekata. U sažimanju zgrada nije dozvoljeno kvadrate pretvarati u pravokutnike. Isto tako, ako je kuća na raskršću, nije ju dozvoljeno sažimanjem pomaknuti (sl. 3.19.).



Sl. 3.19. Sažimanje zgrada: a) neispravno; b) ispravno; (tanka linija daje izvorni tlocrt, a debela prikazuje izgled nakon provedenog sažimanja)

U sažimanju treba, nadalje, redukciju objekata u svim smjerovima provesti na isti način, jer je bitno sliku iz stvarnosti grafički što vjernije reproducirati (sl. 3.20.) (Schweizerische Gesellschaft für Kartographie 1975).



Sl. 3.20. Jednaka redukcija zgrada u svim smjerovima

3.4. Povećavanje

Mnogi objekti na karti prikazuju se zbog njihove važnosti mnogo veći od običnog prikaza u mjerilu karte. Takvi objekti su, npr. ceste. U tablici 3.1. dan je odnos veličina ceste na karti i u prirodi. Za primjer je uzeta cesta široka 4 m, koja se na kartama u četiri razna mjerila prikazuje s dvije paralelne crte na razmaku 0,6 mm.

Tablica 3.1. Odnos širine ceste u prirodi i na karti

Mjerilo	Širina ceste (m)	Prikaz na karti (mm)	Prikaz s karte preračunat u prirodu (m)
1:25 000	4	0,6	15
1:50 000	4	0,6	30
1:100 000	4	0,6	60
1:200 000	4	0,6	120

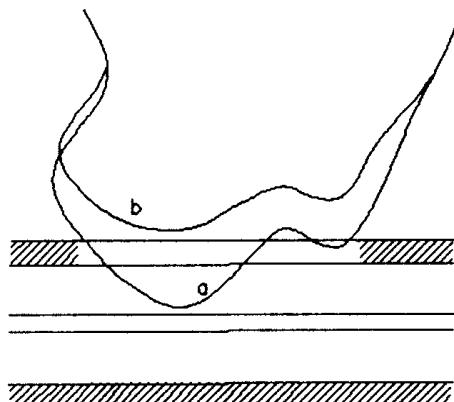
Vidimo da širina takve ceste preračunata s karte mjerila 1:200 000 u prirodu, umjesto 4 m iznosi 120 m.

S povećavanjem smo se već susreli u izboru prema minimalnim veličinama (§ 3.1.1.). Neke od objekata smo, zbog njihove važnosti povećavali na minimalne veličine i prikazivali. Sličan je primjer malog poluotoka sa svjetionikom kojeg, prema njegovoj veličini, u određenom mjerilu ne bi trebalo prikazati, ali ga zbog svjetionika povećavamo i prikazujemo.

3.5. Pomicanje

Povećanje jednog objekta (vidi § 3.4.) znači smanjivanje okolne površine slobodne za prikaz drugih objekata. Ako neposredno susjedne objekte treba prikazati tlocrtno vjerno ili isto tako povećano, tada neke od objekata treba pomaknuti iz njihova pravog položaja. Najvažniji objekt označavamo primarnim i prikazujemo položajno točno. Ostale manje važne objekte pomičemo iz njihova pravog položaja.

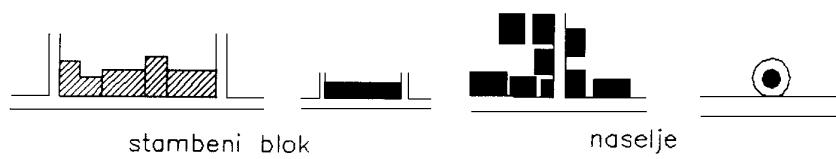
Na topografskim kartama najčešća pomicanja uzrokovana su povećanjem (proširenjem) prikaza cesta (§ 3.4.) pa su svi objekti uz cestu (npr. kuće) pomaknuti iz svog pravog položaja. To se odnosi i na izohipse (sl. 3.21.), ali je to izvedeno tako da je, što je više moguće, očuvano stvarno pružanje izohipse u odnosu na objekt zbog kojeg se pomiče.



Sl. 3.21. Pomicanje izohipse uz cestu: a) prije pomicanja, b) nakon pomicanja

3.6. Pretvorba metode prikaza

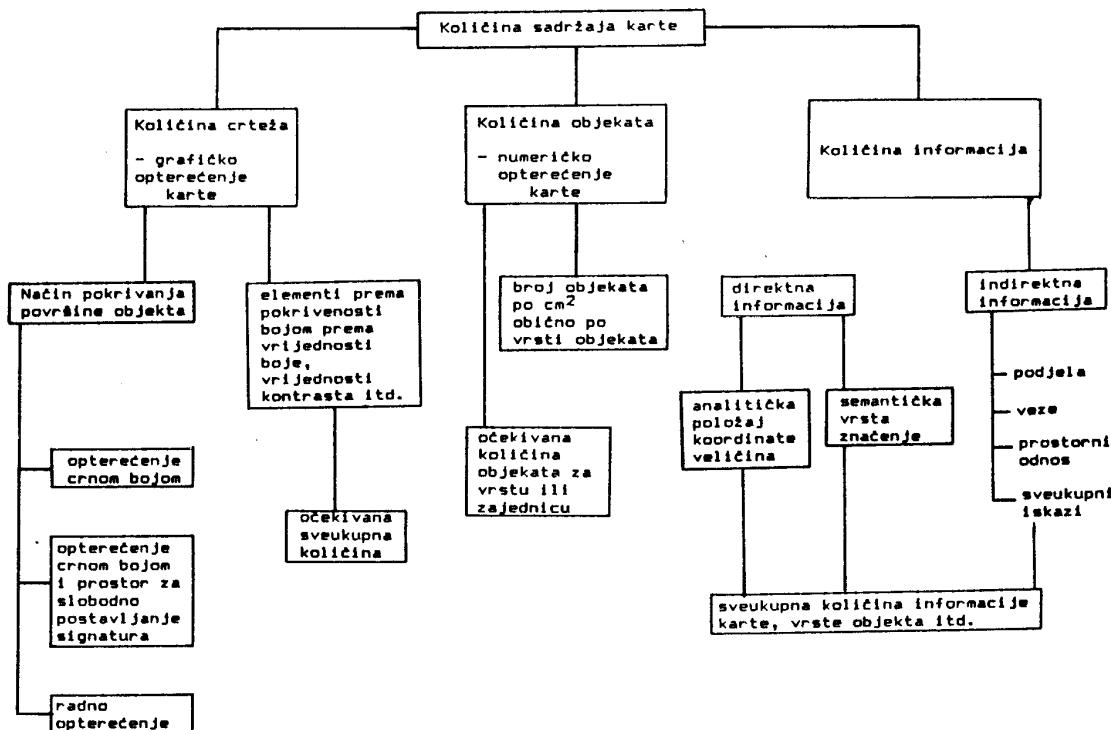
Smanjivanjem mjerila u prikazu objekata na karti dolazi u određenom trenutku i do promjene metode prikaza. Pretvorba od tlocrtnog prikaza na prikaz znakom nastupa onda, kada je tlocrt objekta, zbog redukcije površine smanjenjem mjerila premali za čitak prikaz obrisa. Smanjivanjem mjerila umjesto prikaza svake pojedinačne zgrade prelazi se na prikaz blokom. Daljim smanjivanjem mjerila, kad više nema dovoljno prostora ni za prikaz konture naselja, prelazi se na prikaz znakom (sl. 3.22.).



Sl. 3.22. Prijelaz s tlocrtnog prikaza preko prikaza blokom i konturom naselja na prikaz znakom

4. OPTEREĆENJE KARTE

Opterećenje karte jedan je od kriterija za određivanje količine sadržaja karte. Iz dijagrama na sl. 4.1. vidljivo je da se količina sadržaja karte može izražavati količinom crteža, količinom (brojem) objekata i količinom informacija.



Sl. 4.1. Kriteriji za količinu sadržaja karte (Töpfer 1974)

U ovom poglavlju pokazat ćemo kako se podaci o količini crteža i broju objekata mogu upotrebljavati u oblikovanju sadržaja karte i rješavanju nekih problema kartografske generalizacije.

Opterećenje karte izražava se u postotcima ili količinom podataka po kvadratnom centimetru. Na taj način podaci su neovisni o formatu karte i direktno usporedivi. Uvijek imaju obilježje srednjih vrijednosti.

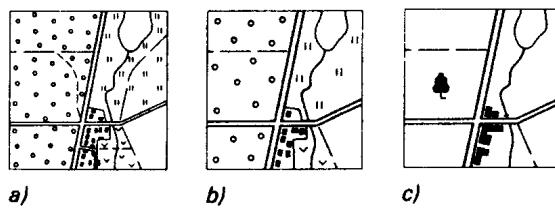
4.1. Numeričko opterećenje

Numeričko opterećenje je prosječan broj objekata na kvadratni centimetar karte. Služi kao kriterij za uspoređivanje obima odnosno gustoće sadržaja. Određuje se brojanjem objekata

unutar određene površine karte f_G . Ta površina može biti čitavi list karte ili samo njen isječak. Najčešće se bira određeni broj isječaka, u svakom od njih izbroji broj objekata i izračuna srednja vrijednost.

Površina isječka na sl. 4.2.a iznosi $f_G = 4 \text{ cm}^2$. Na isječku je izbrojeno 18 zgrada. Prema tome broj objekata na cm^2 iznosi

$$n' = \frac{n}{f_G} = \frac{18}{4} = 4,5 \quad (4.1.)$$



Sl. 4.2. Isječci istog opterećenja karte crnom bojom (vidi § 4.2.1.)

Za određivanje numeričkog opterećenja karte treba na opisani način obraditi čitavu kartu ili veći broj slučajno odabralih uzoraka.

Opisani postupak primijenit ćemo za točkaste objekte prikazane na karti lokalnim signaturama (trigonometrijske točke, pojedinačna stabla, zgrade, bunari i sl.). Linijski objekti (željezničke pruge, ceste, rijeke itd.) i površinski objekti (jezera, otoci itd.) mogu se na isti način brojiti. Pri tome ipak nastaju teškoće pri brojanju objekata. Npr. sadrži li isječak na sl. 4.2.b jednu dvije ili tri šume. Sadrži li jednu glavnu i jednu sporednu cestu, tj. dvije ceste ili jednu glavnu i dvije sporedne ceste koje izlaze iz mjesta, tj. tri ceste. Pri usporedbi dviju ili više karata realni rezultat ćemo dobiti ako se pri brojanju objekata primjenjuje isto načelo.

Brojati treba odvojeno po vrstama objekata ili sredstvima prikaza. Zbrajanje količine točkastih, linijskih i površinskih objekata daje sveukupan broj objekata. Numeričko opterećenje karte izračunato iz tako zbrojenih objekata teško je prihvatljivo. Jedna trigonometrijska točka, jedna kuća, jedna velika livada i 500 km duga autocesta ni u kom slučaju ne mogu biti istovrijedni. Stoga je nužan ključ za vrednovanje pri brojanju, npr.:

1 točka = 1 točasti objekt prikazan točkastom signaturom

1 točka = 1 cm linije (na karti) prikazanog objekta

1 točka = 1 cm^2 (na karti) površine objekta.

Kod točkastih objekata broj točaka je broj objekata. Linijski i površinski objekti ako su manji od 1 cm odnosno 1 cm^2 broje se kao jedna točka, a ako su veći tada ovisno o njihovoj veličini kao 2, 3 ili više točaka. Brojanjem po tom načelu dobiveno je za isječak na sl. 4.2.b: ceste 4, putovi,

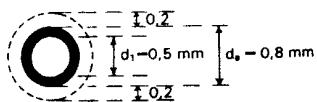
međe, i rijeka po 2, jezero, livada, vrt po 1, šuma 2 i zgrade 9 točaka, što zbrojeno daje 24 točke. Prema tome numeričko opterećenje isječka na toj slici je $24/4 = 6$ točaka/cm².

4.2. Grafičko opterećenje karte

Grafičko opterećenje karte iskazuje se postotkom količine crteža na površini karte. Budući da grafičko opterećenje karte može poslužiti kao osnova matematičkih metoda u izradi projekta karte, od interesa nije samo površina pokrivena crtežom nego i površina koju zauzima jedna signatura, a koja se ne može upotrijebiti za prikaz drugih objekata. Stoga će se na primjeru jednostavne kružne signature (sl. 4.3.), koja može prikazivati stablo, naselje ili neki drugi objekt ukazati na tri kriterija određivanja količine crteža:

- opterećenje crnom bojom
- opterećenje crnom bojom i prostor slobodnog postavljanja signature
- radno opterećenje

4.2.1. Opterećenje crnom bojom



Sl. 4.3. Kružna signatura

Pod opterećenjem "crnom bojom" podrazumijeva se dio površine prekrivene bojom, a koja se može izmjeriti na reproduksijskom originalu kartometrijskim ili fotometrijskim metodama. Treba izračunati opterećenje crnom bojom kružnice nacrtane linijom širine 0,15 mm (na sl. 4.3. ta je kružnica deseterostruko povećana).

Radi se o površini kružnog vijenca čija se površina računa po formuli:

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{\pi}{4} (d_v^2 - d_u^2) = \\ &= \frac{3,14}{4} (0,8^2 - 0,5^2) = 0,785 (0,64 - 0,25) \approx 0,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.2.2. Opterećenje crnom bojom i prostor slobodnog postavljanja signature

Opterećenje crnom bojom i prostor slobodnog postavljanja daje potreban prostor za unos signature. Dobiva se ako se oko granične linije koja omeđuje signaturu doda prema van u svim točkama 0,2 mm slobodnog prostora. Kod kružne signature granična linija tako dobivenog prostora je kružnica, čiji je polujer za 0,2 mm veći od vanjskog polujera signature. Budući da površinu kružnog vijenca računamo iz promjera, to promjer vanjske kružnice treba povećati za 0,4 mm:

$$f_2 = \frac{\pi}{4} (d_v + 0,4)^2 = 0,785 \cdot 1,2^2 \approx 1,13 \text{ mm}^2$$

4.2.3. Radno opterećenje

U prethodnom odjeljku definirani prostor za slobodno postavljanje signatura nije u svim slučajevima jednako djelotvoran. Usporedimo npr. zgradu koja neposredno naliježe na cestu i signature na konstantnom (većem) razmaku. Za praktičan rad, posebno u izradi projekta karte, najpogodnije je tzv. radno opterećenje. To opterećenje iskazuje mjerodavnu potrebu za prostorom u izradi projekta karte. Kod kružne signature je radno opterećenje jednako površini kruga čiji je promjer jednak promjeru vanjske kružnice:

$$f_3 = \frac{\pi}{4} \cdot d_v^2 = 0,785 \cdot 0,64 \approx 0,5 \text{ mm}^2$$

Definicija radnog opterećenja može se po potrebi, da bi se olakšao posao, varirati i pojednostavniti. Komplicirane signature mogu se zamijeniti jednostavnijim (trokut, pravokutnik i sl.).

4.2.4. Određivanje grafičkog opterećenja

Grafičko opterećenje karte računa se po formulama:

$$P = 100 \cdot p [\%] \quad (4.2.)$$

$$p = \frac{\sum f_i (\text{mm}^2)}{f_G (\text{mm}^2)} \quad (4.3.)$$

U tim formulama $\sum f$ je zbroj površina svih dijelova prekrivenim crtežom prema definicijama danim u prethodna tri odjeljka, a f_G ukupna površina područja koje istražujemo. Kvocijent tih dviju površina p je bezdimenzionalni broj, koji pomnožen sa 100 daje grafičko opterećenje u postotcima P . Grafičko opterećenje karte dobit ćemo obradom čitavog lista karte ili većeg broja slučajno odabralih isječaka. Pri tome treba odrediti površine f svih objekata i zbrojiti ih. Kod većeg broja signatura istih površina dovoljno je odrediti površinu jedne signature pa je

$$\sum f = n \cdot f_i \quad (4.4.)$$

$$p = \frac{n \cdot f_i}{f_G} \quad (4.5.)$$

Za 15 kružnih signatura kojima je na sl. 4.2.b označena šuma, a čija je površina određena u prethodna tri odjeljka dobiva se za:

opterećenje crnom bojom

$$p_1 = \frac{15 \cdot 0,3}{400} = 0,011 \quad P = 1,1 \%$$

radno opterećenje

$$p_3 = \frac{15 \cdot 0,5}{400} = 0,019 \quad P = 1,9 \%$$

opterećenje crnom bojom i prostor slobodnog postavljanja signatura

$$p_2 = \frac{15 \cdot 1,13}{400} = 0,042 \quad P = 4,2 \%$$

U tablici 4.1. izračunato je opterećenje crnom bojom svih objekata i signatura na sl. 4.2. Usporedba ukazuje na razlike u isjećima b) i c) u odnosu na isječak a). Prikaz zgrada na isjećima a) i b) ima isto opterećenje crnom bojom. Prikaz ostalih objekata je zadebljanjem linija, povećanjem signatura i izostavljanjem tako variran da je na sva tri isječka opterećenje crnom bojom i grafičko opterećenje isto i prema formulama (4.2.) i (4.3.) iznosi 8,8%.

Iz prikaza na sl. 4.2. i podataka u tablici 4.1. mogu se izvesti sljedeći zaključci. Grafičko opterećenje karte je srednja vrijednost. Na pojedinim dijelovima karte opterećenje može biti mnogo veće ili manje. Pri jednakom opterećenju karte može se, ovisno o finoći kartografskog ključa, prikazati manje ili više detalja. Stoga je grafičko opterećenje karte osnova za međusobno usklađivanje kartografskog ključa i količine objekata koje ćemo prikazati na karti, što je bitno u izradi projekta karte.

Tablica 4.1. Opterećenje crnom bojom isječaka na sl. 4.2.

element	a)	b)	c)
autocesta	8,04	10,00	10,00
cesta	3,96	5,85	5,85
poljski put	2,52	2,06	2,06
pješački put	1,08	-	-
ulica	0,88	-	-
međa	0,80	1,55	-
rijeka	2,39	3,14	3,14
obalna linija	1,80	1,80	1,80
zgrade	4,32	4,32	8,34
livada	2,10	1,50	-
šuma	6,62	4,59	4,04
vrt	0,72	0,51	-
Σ	35,23	35,23	35,23

4.3. Vizualno opterećenje karte

Na opterećenje karte za ljudske oči ne utječu samo broj objekata i količina crteža već i njihovi mnogobrojni međusobni odnosi. Zbog toga se uvodi i pojam vizualnog opterećenja. Vizualno opterećenje razlikuje se već kod jednostavnih signatura od grafičkog opterećenja. Npr. trokut izgleda veći od kruga iste površine. Zbog toga mogu kartografski znakovi istog grafičkog opterećenja pružati različito vizualno opterećenje. Radi se ponajprije o optičkim varkama. Takvi efekti se pojavljuju ako su oba znaka jedan do drugoga na istom nosiocu crteža. Ti efekti bit će oslabljeni ili pojačani utjecajem ostalog sadržaja karte. Okolina znaka utječe na njegov optički utisak i mora se uzeti u obzir pri ocjeni vizualnog opterećenja. Debela linija jače se zapaža na karti od crtkane dvostrukе linije iste širine. Takvo djelovanje posljedica je različitog opterećenja crnom bojom oba znaka i djeluje suprotno optičkoj varci. Signature iste veličine i istog oblika imaju različito opterećenje crnom bojom ovisno o tome koliko im je unutrašnjost signature

prekrivena crtežom. Odnos površine prekrivene crtežom unutar signature i ukupne površine signature naziva se *težina signature*. Kod kružne signature sa sl. 4.3. to je odnos opterećenja crnom bojom prema radnom opterećenju.

Na sl. 4.2. prikazana su tri isječka karte s istim grafičkim opterećenjem pri različitoj finoći kartografskih ključeva. Mnogi mali znakovi na sl. 4.2.a djeluju kao siva koprena. Sl. 4.2.b sadrži mnogo manje detalja i više slobodnog prostora i stoga je njezino vizualno opterećenje manje.

Na višebojnim kartama može se u prvom koraku na izdavačkim originalima odrediti opterećenje crnom bojom svih elemenata na pojedinom originalu. Vizualno opterećenje višebojnih karata razlikuje se od vizualnog opterećenja jednobojnih karata, jer treba uzeti u obzir utjecaj boja. Ako se prema prijedlogu Lengfelda (1966) utjecaj crne boje označi s $c=1$, crvene $c=0,44$, plave $c=0,31$ i žute $c=0,26$, i s tim faktorima pomnože dobivena opterećenja crnom bojom dobije se *opterećenje bojom*. Za linije i signature u boji na bijeloj podlozi taj je postupak jednoznačan. Pozadina u boji utječe na vizualno opterećenje i otežava čitanje karte.

Boje, npr., visinskih zona u prikazu reljefa hipsometrijskom skalom boja prekrivaju čitavu površinu karte pri čemu je opterećenje crnom bojom 100%. Osim već spomenutog utjecaja boja izraženog faktorom c treba uzeti u obzir i tonske vrijednosti rastera. Uzimajući u obzir sva ta saznanja može se opterećenje bojom svih elemenata zbrojiti u sveukupnu količinu crteža i izračunati sveukupno opterećenje karte.

4.4. Oblikovanje karte prema njenom opterećenju

Pod opterećenjem karte razumijevat ćeemo grafičko opterećenje, pri čemu ćeemo za jednostavne linije, točke, krugove i sl. računati opterećenje crnom bojom, a za složene signature radno opterećenje.

U računanju opterećenja karte polazimo od formule (4.3.) u kojoj ćeemo površinu promatranog područja na karti f_G zamijeniti površinom u prirodi F_G . Iz razmjera

$$f_G : F_G = 1 : M^2 \quad (4.6.)$$

slijedi

$$f_G = \frac{F_G}{M^2} \quad (4.7.)$$

i uvrštavanjem u (4.3.) dobiva se

$$p = \frac{M^2}{F_G} \sum f \quad (4.8.)$$

Za signature istih površina f_i može se zbroj površina računati po formuli (4.4.) pa je

$$p = M^2 \cdot \frac{n \cdot f_i}{F_G} \quad (4.9.)$$

U toj formuli pojedine oznake imaju ova značenja:

F_G = ukupna površina promatranog područja u prirodi

M = nazivnik mjerila karte

n = broj prikazanih objekata

f_i = površina signatura (kartografski ključ)

p = relativna vrijednost opterećenja karte.

Jednadžbe (4.8.) i (4.9.) omogućuju optimiranje opterećenja karte. Vrlo pogodna su osnova za rješavanje mnogih zadatka u oblikovanju karte. U pravilu su u izradi projekta karte već namjenom karte mnogi od navedenih parametara zadani. Tada se mogu preostali parametri izračunati i međusobno uskladiti. Ako su od navedenih pet parametara četiri poznata, tada se peti lako izračuna po formuli (4.9.). U pravilu su neki od tih parametara u određenim granicama promjenjivi. Uputno je sastaviti tablice iz kojih se mogu uočiti utjecaji pojedinih parametara na druge parametre i izabrati najpovoljnije vrijednosti. U svim slučajevima matematičke analize služe za dobivanje lako čitljive karte opterećenja prilagođenog namjeni karte.

4.4.1. Ispitivanje i izbor opterećenja karte

Pomoću opterećenja karte može se provjeriti izvodljivost prijedloga u oblikovanju karte. Najčešće su poznati mjerilo karte, veličina područja (površina F_G u prirodi) i podaci za kartografski ključ (veličine s i f). Za broj objekata postoje samo određene smjernice (svi objekti, samo važniji objekti i sl.). Na osnovi polaznih podataka, izvorne karte itd. treba izračunati broj objekata čitave karte ili pojedinih njezinih dijelova (isječak se može izabrati na srednje opterećenom dijelu karte ili na minimalno i maksimalno opterećenim dijelovima). Na osnovi predviđenih veličina kartografskih znakova može se potom izračunati očekivana količina crteža Σf . Iz poznatih parametara F_G , M i Σf može se opterećenje karte izračunati po formuli (4.8.). Usporedba izračunate vrijednosti p s poznatim vrijednostima opterećenja pokazuje odgovara li prijedlog namijenjenoj svrsi, je li izvodljiv ili su potrebna poboljšanja. Na taj se način mogu izbjegći nezadovoljavajuća rješenja i troškovi izrade probnih uzoraka.

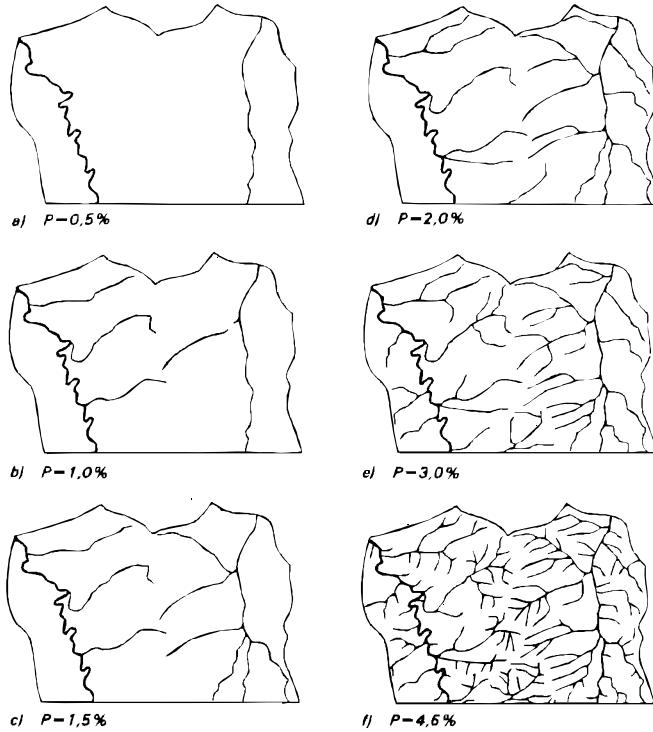
Za opisano ispitivanje potrebno je poznavati prihvatljive iznose opterećenja karte. Za lokalne signature, koje su glavni element karte, preporučuje se opterećenje karte od 12% ($p=0,12$). Takvo opterećenje primijenio je Hašek (1965) za prikaz naselja na općegografskim

kartama. Za usporedbu u određivanju opterećenja drugih objekata mogu poslužiti podaci iz tablice 4.2. (Töpfer 1974). Za mjerila od 1:10 000 do 1:100000 podatke je odredio E. Heymann iz postojećih karata pretežno poljoprivrednog zemljišta, a V. I. Suhov za mjerila od 1:200 000 do 1:1 000 000.

Tablica 4.2. Opterećenje karte u % (Σ bez reljefa)

M	Reljef	Vode	Situacija	Tekst	Σ
10 000	2,0	0,1	3,2	0,4	3,7
25 000	3,0	0,1	6,6	0,6	7,3
50 000	3,1	0,8	9,7	1,6	12,1
100 000	2,8	0,9	13,7	2,9	17,5
200 000	-	1,4	7,3	10,7	19,4
500 000	-	2,4	7,3	12,9	22,6
1 000 000	-	1,1	7,4	14,8	23,3

Prikladnost različitih opterećenja karte može se prosudjivati usporedbom s postojećim kartografskim prikazima čije je opterećenje poznato. Na sl. 4.4. (Töpfer 1974) prikazan je isječak riječne mreže s različitim opterećenjima karte. Navedeni postotci su "radni postotci" dobiveni uz pretpostavku da su sve rijeke prikazane linijama debljine $b_0=0,1$ mm. Budući da se glavne rijeke obično prikazuju debljim linijama, stvarno je opterećenje nešto veće, na sl. 4.4. za oko 0,7%. Za usklajivanje s ostalim elementima karte treba tim podacima dodati 0,5 do 1,0% čime se uzima u obzir zadebljanje glavnih rijeka. Ako se rijeke ne prikazuju linijama debljine 0,1 mm, već nekom drugom debljinom b_0 , to radne postotke treba množiti s $b_0/0,1 = 10 \cdot b_0$. Na osnovi podataka sa sl. 4.4. možemo odlučiti koje je opterećenje karte, odnosno koja je gustina riječne mreže najprikladnija namjeni karte koju radimo.



Sl. 4.4. Prikaz riječne mreže različitog opterećenja karte (Töpfer 1974)

4.4.2. Određivanje kartografskog ključa

Za kartu određenog područja i zadanog mjerila može se na osnovi zadanog opterećenja karte izračunati odgovarajuća količina crteža. Iz formula (4.3.) i (4.7.) slijedi

$$\sum f = p \cdot f_G = \frac{p \cdot F_G}{M^2} \quad (4.10.)$$

Budući da je $\sum f$ prema formuli (4.3.) umnožak veličine kartografskog znaka f i broja objekata n , to se za zadani broj objekata može izračunati veličina kartografskog znaka. U najjednostavnijem slučaju neka su svi objekti prikazani točkastom signaturom iste površine f_0 ; f_0 je opterećenje crnom bojom ili radno opterećenje signature. Ako su parametri F_G , M , p i n već određeni, tada se prema (4.5.) i (4.7.) veličina signature može izračunati po formuli

$$f_0 = \frac{p \cdot f_G}{n} = \frac{p \cdot F_G}{n \cdot M^2} \quad (4.11.)$$

Primjer: prenoćišta za mladež

Na tematskoj karti Njemačke mjerila 1:1,5 milijuna treba prikazati i prenoćišta za mladež. Za probu uzet je okrug Dresden, koji ima površinu $F_G = 6737 \text{ km}^2$. Površina okruga na karti može se izračunati po formuli (4.7.)

$$f_G = \frac{F_G}{M^2} = \frac{6737 \text{ km}^2}{1500000^2} = \frac{6737 \cdot 10^{12} \text{ mm}^2}{1,5^2 \cdot 10^{12}} = 2990 \text{ mm}^2$$

Prenoćišta će se na karti prikazati kružnom signaturom površine f_0 . Poznati su površina na karti (2990 mm^2), mjerilo (1:1 500 000) i broj prenoćišta ($n=62$). Opterećenje karte prenoćištima u okruzima s najvećom gustoćom objekata treba da se kreće između 2% i 3%. Budući da je p u tim granicama promjenjiv, izračunat će se opterećenja karte s različitim veličinama signature. Po formuli (4.5.) može se izračunati

$$p = \frac{n \cdot f_0}{f_G} = \frac{62}{2990} \cdot f_0 = 0,0207 \cdot f_0 \quad (4.12.)$$

U tablici 4.3. dana su opterećenja karte izračunata za različite promjere kružnice d . Iz podataka u tablici je vidljivo da za promjer od 1,2 mm opterećenje karte iznosi 2,34% što odgovara traženim zahtjevima. Karta s tim opterećenjem dana je na sl. 4.5.

Tablica 4.3. Opterećenje kružnom signaturom

$d [\text{mm}]$	$f_0 = 0,785 \cdot d^2 [\text{mm}^2]$	$P = 100 \cdot p [\%]$
0,8	0,50	1,04
1,0	0,79	1,64
1,2	1,13	2,34
1,5	1,78	3,68
2,0	3,14	6,50

4.4.3. Određivanje broja objekata

Ako su područje preslikavanja, mjerilo karte i kartografski ključ utvrđeni, preostaje da se uskladi broj objekata s opterećenjem karte. Pri tome treba ispitati je li uz predviđeno opterećenje karte moguće prikazati sve objekte. U protivnom treba odrediti koliko ih je uz dano opterećenje moguće prikazati.



Sl. 4.5. Prenoćišta za mladež u okrugu Dresden, 1:1,5 milijuna

Prikazuju li se objekti signaturama površine f_i , tada se iz (4.4.) i (4.10.) može izračunati broj objekata, koje možemo na karti prikazati po formuli:

$$n = \frac{p \cdot f_G}{f_i} \quad (4.13.)$$

Određuje li se normu za gustoću, tj. broj objekata n' na dm^2 karte, treba uvrstiti $f_G=1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2$.

Primjer: imena naselja

Traži se prosječan broj imena naselja na kvadratni decimetar opće geografske karte mjerila 1:2 milijuna. Iz predviđene legende utvrđena je prosječna visina (1,3 mm) i širina (0,9 mm) pojedinih slova. Prema tome radno opterećenje jednog slova iznosi $1,3 \cdot 0,9 = 1,17 \text{ mm}^2$. Uzmemo li prema Hašku (1965) da je prosječan broj slova u geografskim imenima 8,7, tada jedno ime zauzima na karti površinu

$$f_i = 8,7 \cdot 1,17 = 10,2 \text{ mm}^2 = 0,102 \text{ cm}^2$$

Za predviđeno opterećenje karte $P=12\%$, $p=0,12$ dobiva se iz (4.13.) broj objekata $n'=0,12 \cdot 100 / 0,102 = 118$. Pri izradi te karte postavljena je norma od približno 120 imena na kvadratni decimetar karte.

4.4.4. Formule za linijske signature

Linijske signature služe za prikaz linijskih objekata poput cesta, rijeka, vodova itd. U

primjeni linijskih signatura duljine se prikazuju u mjerilu karte, a širine odgovarajućim signaturama. Stoga se umjesto opće formule (4.14.) za računanje količine crteža ovisno o tome upotrebljava li se jedna (b_0), ili više (b_i) širina signatura upotrebljava formula (4.15.).

$$\sum f = \sum b \cdot l \quad (4.14.)$$

$$\sum f = \sum (b_i \cdot \sum l_i) = b_0 \cdot \sum l_i \quad (4.15.)$$

Ako primjenjujemo više širina, treba provjeriti može li se koristiti prosječna širina. U klasičnoj izradi karata ukupne duljine i površine mogu se dobiti opsežnim kartometrijskim radovima ili procjenama. Ako sadržaj karte imamo u digitalnom obliku, tada se razmjerno jednostavno mogu dobiti egzaktni rezultati.

4.4.5. Izbor mjerila

Ako namjena karte zahtijeva prikaz određenog broja objekata koji u predviđenom mjerilu stvara suviše veliku gustoću i opterećenje karte, treba prijeći na krupnije mjerilo. Treba, dakle, u oblikovanju karte prilagoditi izbor mjerila opterećenju karte. U tu svrhu treba odrediti zbroj površina $\sum f$ ovisno o vrsti objekata (§ 4.4.2. i 4.4.4.). Ako na određenom području F_G treba prikazati određeni broj objekata prema utvrđenom kartografskom ključu i uz određeno opterećenje karte, tada se povoljno mjerilo može izračunati po formuli:

$$M = \sqrt{\frac{p \cdot F_G}{\sum f}} \quad (4.16.)$$

5. REDAKCIJSKE PRIPREME KARTOGRAFSKE GENERALIZACIJE

5.1. Stručne osnove i analize

Stručna osnova generalizacije jesu sve činjenice i gledišta, koji na osnovi kartografskog zadatka i sadržaja koji se želi prikazati, određuju što se i kako može i treba prikazati. Mnoštvo stajališta, koja se ovdje moraju uzeti u obzir i analizirati mogu se podijeliti u četiri skupine: određivanje namjene, predmet prikaza, sredstva za prikaz i izvornici. Kroz temeljite analize navedene četiri skupine razrađuju se znanstvene osnove za oblikovanje karata. S rješenjem zadatka oblikovanja karata utvrđuju se i osnove za generalizaciju.

5.1.1. Utvrđivanje namjene karte

Utvrđivanje namjene je ishodišna točka svih postupaka za izradu karte. Stoga se prvo mora razjasniti namjena i svrha karte koja se izrađuje. Često je unaprijed zadana samo vrsta kartografskog prikaza, npr. atlasna karta, planinarska karta, kartogram i sl. O mjerilu, sadržaju i oblikovanju karte postoje također predodžbe, iako praksa pokazuje, da pobliže analize kartografskih zadataka i mogućnosti imaju za posljedicu manja ili veća odstupanja od prvobitne koncepcije.

Namjena i tema određuju sadržaj karte i predmete prikazivanja. Konkretizacija sadržaja karte zahtijeva istraživanje objekata koji dolaze u obzir za prikaz. Pojedinosti se mogu konačno odrediti samo u odnosu na određeno mjerilo i detaljnost karte.

Iz utvrđivanja namjene karte moraju se izvući odgovarajući zaključci. Tada formule za opterećenost karte dozvoljavaju optimalno usaglašavanje količine sadržaja karte, detaljnosti kartografskog ključa i mjerila karte.

U kartografiji postoje empiričke vrijednosti za izradu karata, čitljivost, opterećenost karte itd., koje odgovaraju različitim namjenama. Postojeće karte mogu poslužiti kao podloga za usaglašavanje stajališta naručioca i izrađivača karte.

U pripremama za izradu karte analiza za utvrđivanje svrhe karte prvi je korak. Kao rezultat moraju se navesti najvažnija pravila za izradu i oblikovanje karte i to po mogućnosti s numeričkim podacima.

5.1.2. Predmeti prikaza

Predmet prikaza mogu biti različiti objekti, pojave i stanja. Na primjer u tematskim kartama predmeti prikaza mogu biti naselja, šume, životinje, zaposleni, narječja, pilane, oborine, vodene površine itd. Za konkretiziranje sadržaja karte i izbor sredstava za prikaz mora se dobiti pregled o osobinama objekata, pojava i stanja koja dolaze u obzir.

Polazeći od utvrđivanja namjene karte i osobina područja, moraju se analizirati predmeti prikaza u uskoj povezanosti sa sredstvima za prikaz i izvornicima. Analize počinju s dijelovima tema, odnosno elementima karte, kao i s glavnim elementima krajolika i protežu se sve do sitnih detalja. Kao rezultat analize predmeta prikaza mora se izraditi cjelokupni sustav elemenata karte s dobrom klasifikacijom i jednoznačnim definicijama vrste objekata. Definicija mora sadržavati ime vrste objekata, odnosno odgovarajućeg kartografskog znaka, i u dovoljnoj mjeri kvalitativna i kvantitativna obilježja.

Sljedeća razmatranja odnose se pretežno na terenske objekte, tj. pojave, koje su na terenu vidljive i mogu se omeđiti. Analogno se postupa kod ostalih pojava i stanja.

Čimbenici geografskog okoliša

Kao osnovica za izradu karata i generalizaciju moraju se prema Weymaru (1959) odrediti čimbenici geografskog okoliša. S tim se pojmom htjelo reći da se mora promatrati cjelovitost fizičkih i političko-ekonomskih pojava krajolika, uzimajući u obzir njihov nastanak, međusobno djelovanje i djelovanje na ljudе.

Kao primjer iz topografske kartografije navodi Weymar (1959) za gradove ove čimbenike geografskog okoliša:

a) stanovi i industrijski objekti

- pojedinačna kuća (kuća za stanovanje)
- industrijski pogoni
- socijalne i kulturne ustanove

b) povijesni razvoj uzimajući u obzir način gradnje

- srednjovjekovni gradovi
- kolonizirani gradovi
- suvremeni gradovi i gradske četvrti

c) gustoća izgradnje

- otvoreni način izgradnje
- labavi način izgradnje
- zatvoreni način izgradnje

d) prometno geografski čimbenici

- međunarodni promet
- glavne ceste
- sporedne ceste

ceste prikazane u mjerilu.

Taj skraćeni primjer pokazuje dosta jasno da se pod geografskim čimbenicima okoliša ne podrazumijevaju jednostavno topografski objekti i ostale pojave u okolišu. Što više, ovdje su u prvom planu uzroci i djelovanje. Sile koje određuju geografski okoliš i okolnosti pod kojima djeluju moraju se uzeti kod analize i ocjene potrebnih predmeta prikaza, imajući u vidu namjenu karte.

Obilježja vrsta objekata

Utvrđivanje sredstava prikaza i postupaka za generalizaciju zahtijeva saznanja o osobinama, tj. različitim obilježjima vrsta objekata. Kao obilježja zanimaju nas:

- kvalitativna obilježja vrste objekata
- veličina i oblik objekta
- raspodjela objekata
- značenje objekta.

Vrsta objekta karakterizirana je na prvom mjestu kvalitativnim obilježjima. Ta se obilježja moraju ispitati i analizirati, jer čine osnovu za raspoznavanje i klasifikaciju vrste objekata.

Veličina i oblik objekta određuju se na osnovi kvantitativnih obilježja. Ta obilježja vezana su za određene vrste objekata, tj. za kvalitativna obilježja. Ona se mogu odnositi na tlocrt (površina, duljina, širina itd.), na oblik tijela (visina itd.) ili na druge osobine objekta (broj stanovnika, nosivost mostova itd.). U analizi kvantitativnih obilježja teži se obuhvatu minimalnih, maksimalnih ili tipičnih, odnosno srednjih vrijednosti. Ako su klasifikacije svrsishodne, treba se uzeti u obzir i ispitati raspodjelu učestalosti objekata prema raznim iznosima obilježja. Karakterističan oblik objekta treba poslužiti kao osnova za oblikovanje kartografskog znaka, da bi kod korisnika karte smjesta probudili predodžbu o dotičnom objektu.

Prostorna raspodjela objekata utječe na oblikovanje karte. Pojedini objekti mogu se pojavljivati samo na nekom malom dijelu karte. Stoga se mora - najbolje na osnovi postojećih karata- pribaviti pregled o objektima koji se nalaze na promatranom području i njihovoј gustoći.

Značenje vrste objekata i pojedinih objekata je najteže ocijeniti. Ono rezultira velikim dijelom iz kvalitativnih i kvantitativnih obilježja, kao i prostornog položaja i raspodjele. Kako se osim toga mora obuhvatiti značenje geografskog okoliša i namjene karte, dolaze k tome još dalja gledišta, a to su npr. kod topografskih karata:

- a) topografsko značenje, tj. značenje za orijentaciju (stupanj isticanja, izolirani položaj) i značenje pri kretanju po terenu (da li olakšava ili otežava kretanje)

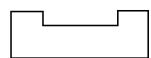
- b) geografsko-morfološko značenje (značenje za obilježavanje krajolika, značenje nastalo u vezi s osobitostima nastanka objekata i zbog uzajamnih odnosa prema drugim objektima)
- c) političko-ekonomsko značenje (značenje za obilježavanje političkih, ekonomskih, socijalnih, društvenih odnosa).

5.1.3. Sredstva za prikaz

Sredstva za grafički prikaz su točkasti, linijski i površinski elementi. Iz tih osnovnih elemenata oblikovanjem, dimenzioniranjem, kombinacijom i bojanjem oblikuju se kartografski znakovi. I pismo se sastoji iz točkastih i linijskih elemenata. Pridruživanjem određenih sredstava za prikaz određenim objektima svojstvima i sadržajima nastaju kartografski znakovi. U odnosu na promjenu metode prikaza razlikujemo tlocrtne znakove i signature, koji se u različitim načinima oblikovanja karte koriste za površinske, točkaste i linijske objekte.

Tlocrtni znakovi

Karte se temelje na ortogonalnoj projekciji terena na horizontalnu ravninu. Stoga se uvijek teži tlocrtno vjernom prikazu objekta. Na sl. 5.1. prikazan je tlocrt stambene zgrade. Kartiran je samo obris, odnosno *obrisna linija*. Obrisna linija ukazuje da je izdvojena jedna površina. Dodatno se mora naznačiti o kakvoj se površini radi. Na karti se tlocrtna površina ispunjava bojom, šrafurom, rasterom ili nekim površinskim uzorkom.



a) obrisna linija



b) obrisna linija s popunjrenom površinom



c) obrisna linija s popunjrenom površinom (puna površina)



d) signatura

Sl. 5.1. Stambena zgrada u različitim prikazima

Stambena zgrada na sl. 5.1.b prikazana je obrisnom linijom i popunjrenom površinom. To vrijedi i za sl. 5.1.c, iako se kod crne popunjene površine ne vidi obrisna linija.

Obrisna linija daje tlocrtnu sliku objekta. Popunjena površina objekta daje njegova kvalitativna ili kvantitativna obilježja. Umjesto popunjene površine može se unutar nje unijeti karakteristično slovo ili brojka.

Signature

Signature su kartografski znaci kod kojih su oblik i boja unaprijed zadani. Veličina signatura kod pojedinih lokalnih znakova, kao i kod stupnjevanih sustava također je normirana.

Lokalne signature se u kartu unose uvijek s jednim te istim, u propisima za crtanje zadanim, oblicima i veličinama. Upotrebljavaju se za prikaz točkastih objekata, kao što su stabilizirane trigonometrijske točke, putokazi, izvori, električne centrale, crkve itd. U točkaste objekte ubrajaju se svi oni objekti, čija je tlocrtna površina suviše mala da bi se prikazali obrisnom linijom (sl. 5.1.d). Kako je primjena tlocrtnih kartografskih znakova ili signatura ovisna o mjerilu karte govori se o *mjerilom uvjetovanim čimbenicima sredstava izražavanja*. Lokalne signature poprimaju karakter simbola. Tako npr. u topografskim kartama iste kružne signature služe s jedne strane kao lokalne signature za pojedino drveće, a s druge strane - u popunjениm površinama sustavno ili neravnomjerno raspoređene - kao simbol za šume, voćnjake itd. Tu kružna signatura simbolizira šumu, dakle puno stabala, te ne služi više za lokalizaciju određenog drveta.

Kod linijskih signatura kojima se prikazuju linijski objekti pored oblika i boje normira se samo širina, a duljine se prikazuju u mjerilu. Najpoznatiji primjer su linijske signature za ceste, željezničke pruge i političke granice. U jako krupnim mjerilima mogu biti linijski elementi prikazani tlocrtno - npr. ceste s naznačenim jarcima, kolnicima, zelenim trakama itd.

5.1.4. Izvornici

Za izradu karata potrebne su opsežne informacije o predmetima prikaza i područjima, koje mogu biti preuzete iz karata, fotografija, planova, skica, tabele i tekstualnih opisa. Karte pored sadržajnih daju i jednoznačne položajne informacije. Treba odlučiti koje će se informacije i iz kojih izvornika preuzeti.

Važnost izvornika za kartografske radove bit će očita u onim slučajevima kad postojeći izvornici u dovoljnoj mjeri ne zadovoljavaju postavljene zahtjeve (zastarjeli, nepotpuni itd.). Zato su potrebne analize o pouzdanosti i podobnosti postojećih izvornika. Ustanovljeni nedostaci moraju se ukloniti, a praznine popuniti. Kod topografskih i tematskih karata vlastite zemlje to se može postići dopunskom izmjerom, a u svim ostalim slučajevima mora se osloniti na literaturu i dodatne izvornike.

Na osnovi analiza utvrđuje se osnovni izvornik i dodatni izvornici. Osnovni izvornik s tlocrtom daje kostur karte. Kao osnovni izvornik služe npr. kod topografske karte osnovnog mjerila fotoplanovi, a kod topografskih karata izvedenih mjerila karte izvornog mjerila. U drugom slučaju gotovo sav sadržaj karte izведен je iz izvornog mjerila. Tu je generalizacija u nizu mjerila u pravom smislu učinkovita. Kod tematskih karata kao osnovni izvornik za osnovne

elemente služi topografska ili orografska karta. Za elemente tema osnovni izvornici su tabelarni prikazi statističkih podataka ili opet karte.

Kao dodatni izvornici služe izvornici koji daju dodatne informacije ili čak samo objašnjenja o području ili o predmetu prikazivanja. U prvom slučaju daju osnovnim izvornicima dodatne činjenice. Važni dodatni izvornici za topografske karte su pregledi klasifikacija cesta, popisi imena mjesta, podaci o broju stanovnika itd. Potrebne dodatne informacije u pravilu se nalaze u različitim izvornicima. Njih treba već u pripremnim radovima prikupiti i uključiti u redakcijski plan ili u odgovarajuće priloge.

S utvrđivanjem osnovnih i dodatnih izvornika odlučuje se kako će se pojedini elementi karte obrađivati. Mjerilo odabrane izvorne karte bitno utječe na opseg postupaka u generalizaciji.

U analizi izvornika treba posebnu pozornost posvetiti aktualnosti, geometrijskoj točnosti, cjelovitosti i ispravnosti te ekonomskoj svrshodnosti.

a) Aktualnost

Već prvi pogled na podatke postojećih karata omogućava zaključke o njihovojoj podobnosti kao izvornika za izradu novih karata. Zastarjeli izvornici već su unaprijed nepodobni za one predmete prikaza, koji podliježu čestim promjenama (naselja, političke granice itd.). Budući da uvijek treba upotrebljavati najbolje i najnovije izvornike, vrlo su važni podaci o završetku redakcije, podaci o održavanju karata i godini izdavanja. Ako imamo na raspolaganju samo starije izvornike, treba na osnovi drugih izvornika unijeti sve promjene.

b) Geometrijska točnost

S obzirom na položajnu tožnost postavljaju se kod različitih vrsta karata različiti zahtjevi. Za topografske karte ima geometrijska točnost najveću važnost. Geometrijska se točnost karte ispituje i ocjenjuje pomoću teoretskih veličina rubova listova ili pravokutne koordinatne mreže, pomoću koordinata trigonometrijskih točaka i usporedbom položaja objekata na kartama krupnijih mjerila.

c) Cjelovitost i ispravnost

Sadržajna cjelovitost (ili potpunost) karte znači da ona sadrži sve objekte koji se u danom mjerilu mogu i moraju prikazati (Lovrić 1988). Na pitanje o cjelovitosti postojećih karata djelimičan odgovor dan je utvrđivanjem njihove aktualnosti. Međutim, budući da se analiza provodi u svrhu izrade nove karte, treba utvrditi u kojoj je mjeri, s obzirom na kartu koja se izrađuje, sadržaj postojećih karata cjelovit i ispravan. Polazeći od namjene nove karte treba za

sve elemente ispitati: Da li su sadržane sve vrste objekata? Jesu li vrste objekata dovoljno klasificirane? Postoji li za kartu koja se izrađuje potrebna klasifikacija ili se iz postojeće klasifikacije može jednoznačno izvesti? Jesu li objekti i činjenice cjelovito i ispravno prikazani? Podudaraju li se sa stvarnošću? Je li karakter krajolika ispravno prikazan?

d) Ekonomski svršishodnost

Prvo treba ispitati sposobnost za dalju tehničku obradu. Mora se ispitati sposobnost reproduciranja i čitljivosti. Ukoliko ima više mogućnosti, mora se usporediti vrijeme i trošak te izabrati ekonomski bolje rješenje. Istovremeno se moraju obuhvatiti rezultati analiza točnosti, cjelovitosti i aktualnosti te s ekonomskog stajališta međusobno procijeniti i konačno kao osnovni izvornik izabrati najpovoljniju kartu.

Primjena zakona korjena

Da bismo za izradu karte mjerila $1:M_F$ mogli pomoći zakona korjena izračunati iz izvorene karte mjerila $1:M_A$ potrebne parametre, pretpostavka je da je izvorna karta dobro generalizirana. Samo se uz tu pretpostavku može pomoći zakona korjena iz izvorene karte dobiti karakterističan prikaz krajolika. Stoga u analizi osnovnog izvornika treba ispitati i ocijeniti također i stupanj generalizacije.

Imamo li dokumente o izradi izvorne karte, često već pregledom podataka iz redakcijskog plana možemo ocijeniti stupanj generalizacije. Ako nemamo dovoljno dokumenata o izradi karte, a postoji sumnja u ispravnost stupnja generalizacije te nam se izvorna karta čini suviše ili premalo generalizirana, treba pomoći zakona korjena ispitati gustoću objekata osnovnog izvornika. Na osnovi karata krupnijih mjerila rade se probe za karakteristične isječke. Iz broja prikazanih objekata na karti krupnijeg mjerila izračuna se pomoći zakona korjena broj $n_{A(treba)}$ objekata koji bi na izvornoj karti morali biti prikazani uz ispravan stupanj generalizacije. Tada se uspoređuje broj objekata $n_{A(treba)}$ s brojem objekata $n_{A(ima)}$ koji su stvarno prikazani na postojećoj karti. Ako ta razlika nije veća od 10%, tada se izvorna karta može smatrati dobro generaliziranom. Pri većoj razlici izvorna karta sadrži premalo ili suviše objekata. Da bi se to uzelo u obzir treba izračunati kvocijent:

$$C_A = \frac{n_{A(treba)}}{n_{A(ima)}} \quad (5.1.)$$

i uvrstiti ga u formulu zakona korjena. Time smo omogućili da iz broja objekata na izvornoj karti izračunamo po zakonu korjena broj objekata na izvedenoj karti.

5.2. Ciljevi generalizacije

Uopćavanje stvarnosti zahtijeva prepoznavanje i izdvajanje bitnog. Tako se u generalizaciji tlocrta grada na topografskoj karti mora izdvojiti jezgra grada, koja se mora jasno razlikovati od industrijskih četvrti i rubnih naselja grada, potom treba reproducirati tipičnu sliku cestovne mreže, naglasiti tranzitne prometnice itd. Takve predmetno uvjetovane zakonitosti definiraju zadatke i ciljeve generalizacije dotičnog sadržaja. One se mogu postaviti za sve predmete prikaza i mogu, već prema njihovim osobinama i djelovanjima u geografskom okolišu dotičnog područja te prema namjeni i mjerilu biti jako različite.

Težnja za postupcima koji bi osiguravali stalno pridržavanje temeljnih načela rezultiralo je *generalizacijom prema mjeri i broju*. Brojčani podaci (granične veličine i sl.) služe za preciziranje načela i ubrajaju se u najvažnije osnove generalizacije. Tako se npr. osnovno načelo da sve važnije livade treba prikazati na karti mjerila 1:50 000 precizira minimalnom površinom od 4 mm^2 . Kartograf koji radi po tim kriterijima mora livade na izvorniku (fotosnimak, topografska karta 1:10 000, itd.) izmjeriti i dobivenu vrijednost usporediti s graničnom vrijednošću. Na taj način jednoznačno se može odrediti treba li prikazati određenu livadu ili ju ako je manja od 4 mm^2 izostaviti.

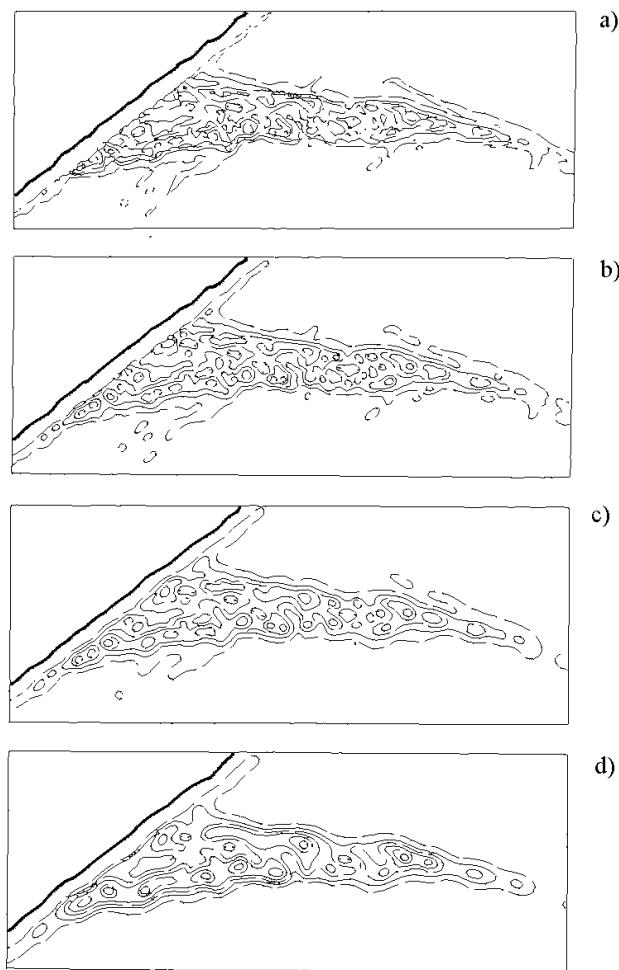
Konkretni ciljevi generalizacije prema mjeri i broju su jedinstvenost, objektivnost, mogućnost provjere i učenja. Osnovni zahtjev je jedinstvenost generalizacije svih objekata iste vrste unutar lista karte, unutar niza listova karata istog mjerila i niza mjerila. Njihova realizacija istovremeno osigurava objektivnost generalizacije i redukciju subjektivnih shvaćanja i utjecaja u procesu generalizacije na neškodljivi minimum. Utvrđivanje brojčanih kriterija omogućava u svim bitnim pitanjima jednoznačni iskaz o tome što je pravilno, a što pogrešno generalizirano. Time je omogućena provjera generalizacije. Takva se generalizacija može naučiti i nije rezervirana samo za iznimno sposobljene kartografe.

5.2.1. Točnost i zornost

Kartografski prikaz bilo kojih objekata, pojava i stanja mora biti dovoljno točan, cjelovit, ispravan, čitljiv i zoran. Ograničenje *dovoljno* ukazuje da su ta svojstva uvijek relativna ovisno o namjeni, mjerilu i stupnju generalizacije karte kao i mogućnosti obuhvata prirodnih pojava predmeta prikaza.

Pod točnošću karte podrazumijeva se u prvom redu položajna točnost objekata odnosno njihovih graničnih linija. Precizni ploteri omogućuju točnost kartiranja od $\pm 0,05 \text{ mm}$. To odgovara 5 cm u mjerilu 1:1000 i 50 m u mjerilu 1:1 000 000. Ako promatramo kartiranje poljskih putova, šuma ili jezera na karti u mjerilu 1:1000, njihove rubne linije pokazuju nevažne nepravilnosti, koje imaju veće iznose od 5 cm. Zato se rubna linija mora osrednjiti, odnosno generalizirati i potom mjerno tehnički obuhvatiti i kartirati. U mjerilu 1:1 000 000 ima isto tako

predmeta i prikaza - kao što su rasprostranjenost određenog bilja, nalazišta lignita, područja istih količina oborina - koja se ne mogu obuhvatiti s točnošću od $\pm 0,05$ mm (50 m). U tom slučaju mnogi postupci generalizacije mogu s jedne strane doseći veće iznose nego što je za kartu povoljno, dok s druge strane ostaju neprimjećeni, jer su opterećeni netočnošću obuhvata objekata.



Sl. 5.2. Stupnjevi generalizacije reljefa, mjerilo 1:10 000; osnovna ekvidistancija 2,5 m, pomoćna (crtkana linija) 1,25 m; a) prikaz iz mjerila 1:2000 smanjen u 1:10 000 bez generalizacije; b) do d) sve veći stupanj generalizacije (Töpfer 1974)

Kod drugih predmeta prikaza imamo informacije i karte čija je točnost za kartu koja se izrađuje puno veća od zahtijevane. Npr. izvornik za sl. 5.2.a bila je topografska izmjera u mjerilu 1:2000 s osnovnom ekvidistancijom izohipsa 0,5 m i pomoćnom od 0,25 m. Na karti mjerila 1:10 000 usvojena je osnovna ekvidistancija od 2,5 m i pomoćna od 1,25 m. Puno malih oblika sadržanih u tokovima izohipsa na sl. 5.2.a nisu više čitljivi i daju nejasnu sliku. Generalizacija mora isključiti nebitno, a bitno učiniti čitljivim i po mogućnosti zornim. Što je jače

generalizirano (sl. 5.2.b do sl. 5.2.d), to je manja položajna točnost pojedinih izohipsa, ali su zato mnogo bolje vidljivi obrisi od mora odsječenih sipina. Slike prikazuju proturječnost između zahtjeva o točnosti i zornosti, kao i potrebe pronalaženja srednjeg puta između najveće točnosti i najveće zornosti kao funkcije namjene karte. Nema smisla prikazivati, samo za volju točnosti, sitnice koje korisniku karte nisu čitljive. Kvaliteta i vrijednost karte će se povećati, ako se generalizacijom najvažniji pojedinačni objekti učine čitljivim, a kompleksi objekata prepoznatljivi. Pri tome se točnost ne smije smanjivati više no što je nužno.

S obzirom na unos kartografskih znakova u kartu i nužna pomicanja moraju se općenito dozvoliti maksimalne položajne pogreške od 1 mm. Kod slučajnih pogrešaka može se kao srednja položajna pogreška uzeti jedna trećina maksimalne pogreške. Srednja položajna pogreška od $\pm 0,33$ mm daje empiričku (iskustvenu) vrijednost za jasno iskazane, odnosno definirane točke objekata. Ona se može uzeti kao praktična vrijednost za topografske, opće geografske i većinu tematskih karata. Za posebne elemente sadržaja mogu se, prema potrebi, dodatno uzeti i druge srednje pogreške; npr. na topografskim kartama traži se za trigonometrijske točke srednja položajna pogreška od $\pm 0,1$ mm.

Ako se od karte traži određena apsolutna srednja položajna pogreška, tada se mora uzeti u obzir da ukupna položajna pogreška (m_p) uključuje i pogreške izvornika (m_i), pogreške crtanja (m_c) i pogreške reprodukcijsko-tehničke obrade (m_r). Iz

$$m_p^2 = m_g^2 + m_i^2 + m_c^2 + m_r^2 + \dots \quad (5.2.)$$

može se izračunati srednja položajna pogreška m_g koja smije nastati generalizacijom uz uvjet da su m_i , m_c itd. zadani, a da je $m_p = \pm 0,33$ mm. Maksimalno dozvoljeni položajni pomak koji se smije pojaviti u procesu generalizacije ima trostruki iznos dozvoljene srednje položajne pogreške.

Za određene kartografske zadatke moraju se odrediti različiti čimbenici u jednadžbi (5.2.). Kod stručno izvedenog rada može se očekivati srednja pogreška proizašla iz pogrešaka izvornika, crtanja i reprodukcijsko-tehničke obrade od $m_k = \pm 0,2$ mm, pa se iz

$$m_g^2 = m_p^2 - m_k^2 = 0,33^2 - 0,2^2 = 0,07 \quad (5.3.)$$

dobiva srednja položajna pogreška $m_g = \pm 0,26$ mm, koja se smije prouzročiti generalizacijom.

Pojedine položajne pogreške nastale generalizacijom imaju u svojoj ukupnosti slučajni karakter i podliježu normalnoj razdiobi. Tada se maksimalna dozvoljena položajna pogreška (0,8 mm) smije pojaviti samo iznimno, naime samo za 0,3% svih položajnih pomaka. Najviše 4% položajnih pogrešaka smije prekoracići dvostruki iznos srednje položajne pogreške. Kod

najmanje 68% položajnih pogrešaka mora njihov iznos biti manji od m_g . Takva raspodjela pogrešaka mora se uvažavati u praktičnom radu nastojeći da se postignu još bolji rezultati.

Dosadašnja razmatranja odnose se na "apsolutne" pogreške, koje se određuju iz mjerena koordinata kao odstupanja od pravog položaja u koordinatnoj mreži odnosno na površini Zemlje. U generalizaciji se mora posebno paziti na "relativne" položajne pogreške (pogreške razmaka), jer se za međusobni razmak odnosno položaj susjednih točaka i objekata, radi realnosti prikaza, postavljaju viši zahtjevi. Kod razmaka između objekata od nekoliko milimetara ne smiju odstupanja biti veća od 0,2 mm.

Pored geometrijske, tj. položajne točnosti, mora se osigurati namjenski odgovarajuća sadržajna točnost. Ta se točnost odnosi na cjelovitost i ispravnost prikaza. Ispravnost se može ocijeniti samo kod onih objekata koji su prikazani na karti. U prvom redu se ispituje ispravnost pojedinačnog objekta, njegov ispravni položaj, veličina i orijentacija prema susjednim objektima kao i reprodukcija kvalitativnih i kvantitativnih obilježja. Potom se mora paziti na ispravnost dijelova krajolika posebno u odnosu na njegova karakteristična obilježja.

5.2.2. Načelo cjelovitosti

Načelu cjelovitosti daje se prednost u mnogim kartografskim prikazima, a posebno kod glavnih elemenata na tematskim kartama. Cjelovitost karte ocjenjuje se po onom što je na karti vidljivo i što se iz nje može preuzeti. Apsolutno gledano karta ne može biti cjelovita ako se samo i jedna pojedinost - bila ona i potpuno nebitna - izostavi. Da bi se postigla cjelovitost, mora se obuhvatiti, analizirati i preraditi postojeća cjelina. Npr. ako treba izraditi cjelovitu kartu naselja Hrvatske u mjerilu 1:400 000, tada se mora prvo definirati pojam naselja. Na osnovi tog kriterija kartograf je u mogućnosti izraditi kartu odgovarajuće cjelovitosti.

5.2.3. Očuvanje osobitosti krajolika

Većina objavljenih radova o generalizaciji sadrži zahtjev o očuvanju osobitosti krajolika, o uzimanju u obzir svojstava i posebnosti geografskog okoliša, o zadržavanju geografskih značajki i sl. Sa svim tim zahtjevima postižemo isti cilj. Oblikovanje karte i generalizaciju treba tako usmjeriti, da izlazi iz okvira isključivo činjeničnog dokaza i u prvi plan stavlja iskaz karte o krajoliku. Tek odgovarajući iskazi o osobitostima pojedinih oblika krajolika daju realnu predodžbu stvarnosti.

Na mnogim postojećim kartama pokušalo se prikazati toliko pojedinosti koliko je to bilo moguće. To je imalo za posljedicu da su tamo, gdje ih je bilo malo sačuvane gotovo sve pojedinosti, dok tamo gdje ih je bilo mnogo, veći broj ih je izostavljen. Takva generalizacija ujednačava sliku karte, iskriviljuje značajke krajolika i zastire krajolikom uvjetovane razlike. Ako se želi očuvati značajke krajolika, mora se u područjima s malom gustoćom objekata

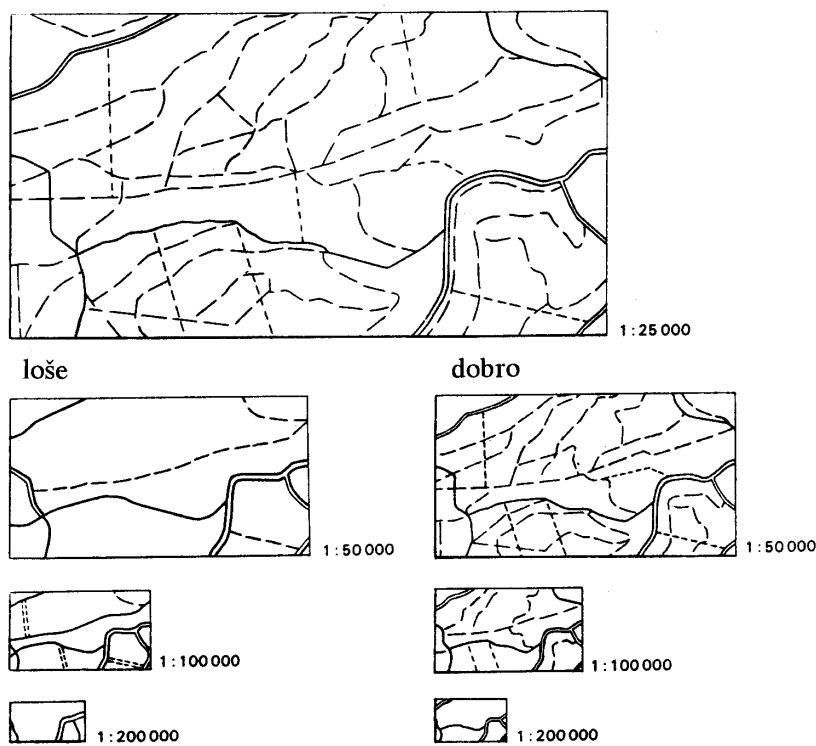
odabirati u istom omjeru kao i u područjima s velikom gustoćom objekata. Time će doduše biti smanjen broj pojedinačnih objekata na karti, ali će se povećati njena izražajna vrijednost.

5.2.4. Usklađivanje generalizacije

Različiti postupci generalizacije istih objekata moraju se uskladiti. Izbor se mora uskladiti s promjenom metode prikaza, sažimanjem i pomicanjem. Poseban je problem usaglašavanje pojednostavnjivanja oblika s izborom objekata. Ne može se npr. dozvoliti da se kod izbora rijeka jako reducira njihov broj, a da se zato kod preostalih prikažu sve pojedinosti. Ako se mogu prikazati samo najvažnije pritoke pojedinih rijeka, tada je dovoljno prikazati i samo najvažnije okuke.

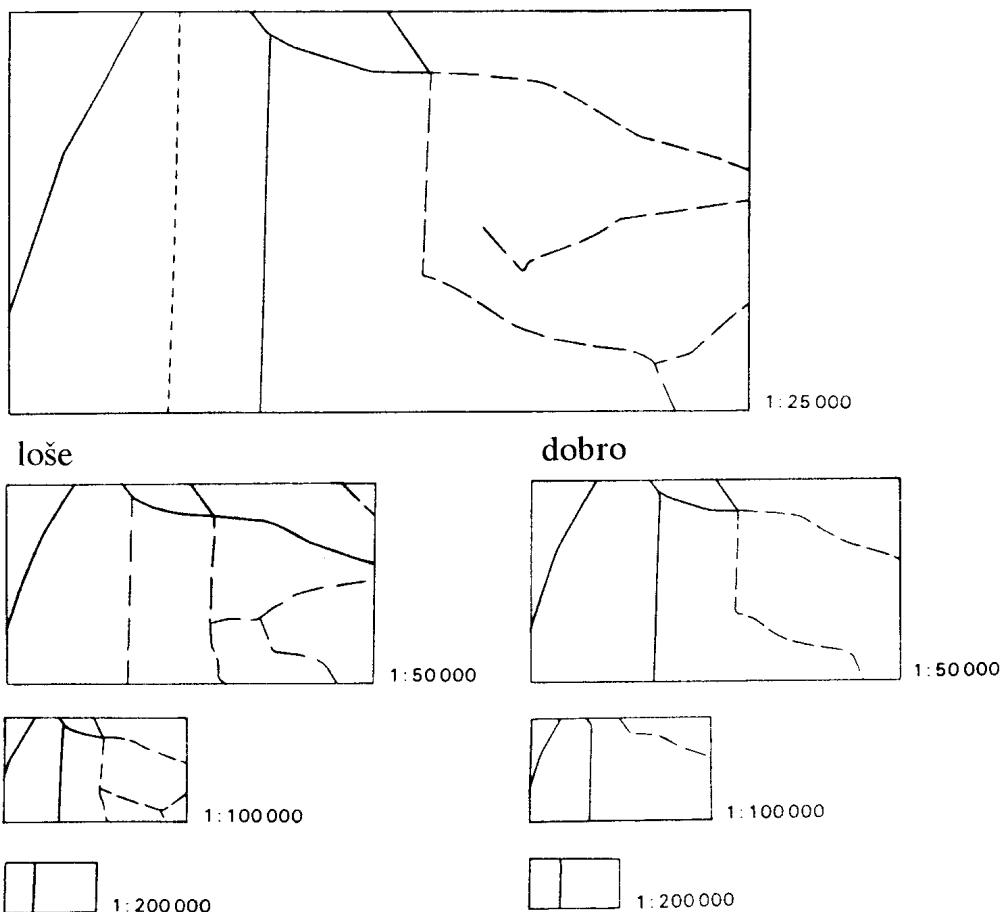
Na pojedinim kartama pored jedva generaliziranih rijeka jako su generalizirane izohipse. To u svakom slučaju treba izbjegći, jer treba zadržati postojeći odnos između okuka rijeka i zavoja dolina.

Pri usklađivanju generalizacije različitih elemenata karte posebno se mora paziti na očuvanje relativnog položaja. Tako se npr. ne smije cesta pomicanjem premjestiti s lijeve na desnu obalu rijeke; cesta koja se pruža dnom doline ne smije se tako generalizirati da se njen tok premjesti na padinu. Generalizacijom treba sačuvati relativni položaj objekata iste vrste ali i objekata različite vrste.



Sl. 5.3. Primjeri dobre i loše generalizacije putne mreže velike gustoće (Töpfer 1974)

Usklađivanje generalizacije zahtijeva prije svega jedinstvenu primjenu postupaka unutar lista koji se obrađuje. Istovrsne objekte treba istovrsno generalizirati. Jedinstvenost je posebno važna na kartama u više listova, koji se obrađuju u različitim institucijama. Primjer za prethodnu tvrdnju je mreža putova na sl. 5.3. i sl. 5.4., koja na izvornoj karti 1:25 000 pokazuje veliku razliku u gustoći. U primjerima loše generalizacije na kartama u mjerilima 1:50 000 i 1:100 000 uočljive su velike razlike u gustoći u odnosu na izvornu kartu mjerila 1:25 000. Korisnik karte dobiva na taj način pogrešne predodžbe stvarnosti.



Sl. 5.4. Primjeri dobre i loše generalizacije putne mreže male gustoće (Töpfer 1974)

Čuvanje obilježja krajolika zahtijeva očuvanje relativne gustoće objekata unutar svih listova jedne karte. To vrijedi za sve listove karte istog mjerila, ali i za karte u nizu mjerila. Još jednom sl. 5.3. može poslužiti kao primjer. Mreža putova ima nakon loše generalizacije na karti 1:50 000 vrlo malu gustoću, na karti 1:100 000 nešto veću i na karti 1:200 000 opet nešto manju gustoću. Na karti 1:100 000 prikazano je više putova, odnosno šumskih prosjeka, nego na karti 1:50 000.

Usklađivanje postupaka generalizacije zahtijeva prije svega organizacijske prepostavke. Generalizacija različitih elemenata karte ne smije se izvoditi odvojeno bez međusobne usklađenosti. Već generalizirani elementi, npr. mreža vodotoka, moraju biti na raspolaganju pri generalizaciji ostalih elemenata, npr. mreže prometnica ili reljefa. U generalizaciji karata, koje čine niz mjerila, treba polaziti od istog izvornika. U cilju usaglašavanja sadržaja najpovoljnije je uvijek izvesti kartu jednog mjerila i potom iz te karte izraditi kartu sljedećeg sitnijeg mjerila.

5.3 Redakcijski postupci generalizacije

Redakcijski postupci generalizacije u užem smislu uključuju izbor sadržaja i prikupljanje kvantitativnih i kvalitativnih obilježja, uključujući i pojmovnu generalizaciju. U širem smislu tu pripada i izbor mjerila, određivanje nekih od ciljeva generalizacije, izbor načina oblikovanja i sredstava prikaza, određivanje veličine kartografskih znakova i minimalnih veličina, utvrđivanje normi dobivenih primjenom zakona korjena te izrada načela i smjernica za kartografsku generalizaciju. Oni se utvrđuju u redakcijskom planu odnosno kartografskom ključu.

U mnogim projektima riješit će se svi problemi generalizacije u toku redakcijskih priprema. Tako se npr. za političku kartu svijeta sitnog mjerila može odlučiti: od naselja prikazat će se samo glavni gradovi država i to odgovarajućim signaturama prema broju stanovnika svrstanih u manji broj klasa. Ako imamo listu glavnih gradova s brojem stanovnika, kartograf ih mora potražiti na izvornoj karti, prenijeti u novu kartu i označiti odgovarajućim kartografskim znakom. Takvi poslovi kartografa odgovaraju negeneraliziranom kartiranju točkastih objekata. Raspolažemo li datotekom glavnih gradova s brojem stanovnika i odgovarajućom datotekom kartografskih znakova, postupak je moguće u većoj mjeri automatizirati.

5.3.1. Izbor sadržaja

Izborom sadržaja odabiru se između različitih objekata, stanja i pojava, koji dolaze u obzir, oni koji najviše odgovaraju namjeni karte. Pri tome se u pravilu polazi od već definirane namjene i vrste karte. Kod niza tematskih karata i atlasa često je u početku jasna samo njihova namjena, a tek kasnije slijedi *izbor tema*, koje se određuju iz namjene i cilja pojedinačne karte.

Izbor sadržaja počinje s izradom osnovne koncepcije karte i izborom elemenata karte. Kod topografskih karata taj prvi korak ne čini nikakvih teškoća, jer svrha tih karata - dati opsežan opis krajolika - zahtijeva prikaz svih *topografskih elemenata karte*. To su prije svega:

- naselja (zgrade, industrijska postrojenja)
- prometna mreža (željeznice, ceste, putovi)
- hidrografija (vode, hidrotehnička postrojenja)
- reljef
- vegetacija.

Ostali topografski objekti, npr. trigonometrijske točke, granice, vodovi itd. mogu također biti elementi karte. Svakom elementu karte pripada ime te slovčane i brojčane oznake. Izvanokvirni sadržaj karte i kartografska mreža upotpunjaju sadržaj karte.

Kod tematskih karata se postavljanjem zadatka često propisuje zapravo samo tematski element. Izbor sadržaja mora davati dalje potrebne elemente za izradu karte i razumijevanje prikaza teme. Za orijentaciju korisnika karte i za lokaliziranje pojedinosti, nužni su pored izvanokvirnog sadržaja prije svega topografski elementi karte. Baš kod tih temeljnih elemenata tematskih karata izbor je jasno vidljiv, jer kod karata istih tema ovisno o namjeni primjenjuje se više ili manje tih osnovnih elemenata. Tako nacionalni atlasi npr. na kartama gustoće naseljenosti i raspodjele stanovništva sadrže uvjek vode i političke granice, rijetko prometnice, a samo iznimno šume i reljef.

U drugom koraku izbora sadržaja odabiru se vrste objekata svakog elementa karte. Na primjer na općegografskim kartama od prometne mreže mogu biti prikazane samo željezničke pruge ili također i ceste, od političkih granica najčešće samo državne granice. Istovremeno donose se prve odluke o cjelovitosti i stupnju generalizacije. Može se npr. odlučiti da se autoceste i tranzitne ceste prikažu u cijelosti, a od regionalnih cesta samo najvažnije. Takve se odluke moraju prilagoditi mjerilu i odgovarajućem opterećenju karte, a mogu se donijeti samo usko vezano uz izradu kartografskog ključa.

5.3.2. Uopćavanje kvantitativnih obilježja

U izradi kartografskog ključa neke vrste objekata se klasificiraju, tj. razdijeljeni su u podskupine, kojima se pridružuju određena sredstva prikaza. Utvrđivanje sustava kartografskih znakova uvjetuje da se svaki objekt vrijedan prikaza svrsta u jednu od poskupina. Objekti nešto različitih kvantitativnih obilježja sažimaju se i prikazuju tako kao da su objekti istih obilježja. Stoga se svakim formiranjem klase stvarnost poopćava. Pod klasifikacijom se većinom podrazumijeva raščlanjivanje jedne vrste objekata prema određenim obilježjima. Redakcijska generalizacija sastoji se u izboru razlikovnih obilježja, njihovog broja i veličine. Pri tome se ne uzimaju u obzir samo kvantitativna obilježja (npr. broj stanovnika) nego i kvalitativna (npr. administrativno značenje ili tip naselja).

Za klasifikaciju prema kvantitativnim obilježjima potrebno je odrediti granice klasa. One se određuju s obzirom na namjenu i mjerilo karte. Osnovu za klasifikaciju pruža analiza učestalosti. Što je mjerilo sitnije mora se klasifikacija sažeti i smanjiti broj klasa. Pri prijelazu s krupnjeg na sitnije mjerilo mora se klasifikacija pojednostaviti. Razlikujemo dva specijalna redakcijska postupka generalizacije: smanjenje broja klasa i sažimanje veličina klasa.

Smanjenje broja klasa izostavljanjem najnižih klasa je u praksi najviše primjenjivan postupak generalizacije. Taj je način svrhovit kod onih objekata koji imaju eksponencijalnu razdiobu i čija klasifikacija direktno ili indirektno ovisi o veličini tlocrta, jer u tom slučaju

prilikom izbora otpada veći broj objekata najniže klase, koja jedva da je i potrebna. Za ostale elemente, posebno kontinuirane, taj je postupak generalizacije neprikladan i zamjenjuje se odgovarajućim sažimanjem svih susjednih klasa. Pri tome se smanjuje broj klasa primjenom zakona korjena.

5.3.3. Pojmovna generalizacija

Pojmovna generalizacija je sažimanje pojedinačnih pojmoveva u nadređene pojmove. Njena je zadaća uopćavanje kvalitativnih obilježja, tj. sadržajno sažimanje različitih predmeta prikaza odnosno podvrsta, te njihovo pridruživanje nadređenom pojmu kao novom predmetu prikaza.

Pojmovna generalizacija javlja se u izvjesnom opsegu već kod topografskih i općegeografskih karata. Visoka šuma, mlada šuma, patuljasta šuma, bjelogorica i crnogorica sažimaju se u kvalitetu prikaza *šuma*. Stambene zgrade, tvornice, skladišta, staje prikazuju se u srednjim mjerilima jednoobrazno kao *zgrade*. U oba se slučaja podvrste odnosno različiti pojavni oblici objekata ujedinjuju u sveobuhvatni kvalitativni pojam.

Sažimanje različitih vrsta zgrada u kvalitetu *zgrada* neophodno je u nizu mjerila. Takva promjena kvalitete je sadržajno uvjetovana i potpuno jednoznačna. Može uslijediti u različitim mjerilima i to prema namjeni, stupnju detaljnosti i stupnju generalizacije karte. U krupnim mjerilima mogu se prikazati veći ili manji broj podvrsta; npr. stambene i gospodarske zgrade ili dodatno javne zgrade, tvornice itd. Podvrste predviđene za prikaz treba pojmovno uopćiti i obuhvatiti sve pojedinačne objekte. Ako se prikazuju stambene i gospodarske zgrade, ne smiju se izostaviti javne zgrade - što bi uvjetovalo prazne površine unutar grada - već ih treba pridružiti stambenim zgradama. Pojmovna generalizacija ima različite mogućnosti sažimanja pojedinačnih pojmoveva koliko to namjena i mjerilo karte zahtijevaju.

Glavno područje primjene pojmovne generalizacije leži u tematskoj kartografiji. Tu se često javlja potreba sažimanja prilično raznorodnih pojedinačnih pojava u nadređenu izražajnu jedinicu i nju sa stajališta teme karte uspoređivati s drugim isto tako kompleksnim jedinicama. Uvođenjem nadređenih pojmoveva izbjegava se prevelika opterećenost karte, a ipak je obuhvaćen i obrađen cjelokupni sadržaj.

Vrste objekata kvalitativne razine nemaju jednoznačno, opće prihvaćeno stupnjavanje. Stoga one mogu biti poredane i sažimane na različite načine, ali ne i potpuno proizvoljno. Npr. u prikazu vegetacije ni u kom se slučaju ne mogu sažeti planinska i sredozemna vegetacija. Pojmovi i predmeti prikaza mogu se uvijek onda sažeti, ako su im određena kvalitativna svojstva zajednička. Koja će se svojstva uzeti kao temeljna ovisi o namjeni i temi karte te mogu biti vrlo različita.

Količina potrebnih pojmoveva za određenu kartu ovisi o bogatstvu oblika na području prikaza te namjeni i oblikovanju karte. Analiza postojećih karata istih tema pokazuje da se

redukcija pojmove u nizu određenih mjerila može odrediti primjenom jednostavnog zakona korjena.

Töpfer (1974) navodi primjer vegetacijske karte Europe u mjerilu 1:40 milijuna na kojoj je prikazano ovih deset vegetacijskih vrsta:

- tundra
- vegetacija visokog gorja
- crnogorica
- miješana šuma
- bjelgorica
- šumska stepa
- travnata stepa
- pustinja i polupustinja
- sredozemna vegetacija.

Na vegetacijskoj karti svijeta u mjerilu 1:120 milijuna prikazano je šest vrsta:

- tundra
- vegetacija visokog gorja
- šuma umjerenog pojasa
- stepa
- pustinja
- sredozemna vegetacija.

Na karti svijeta u odnosu na kartu Europe sažete su crnogorica, miješana šuma i bjelgorica u šumu umjerenog pojasa, šumska i travnata stepa u stepu te polupustinja i pustinja u pustinju. Da je smanjenje broja vrsta od deset na šest ispravno potvrđuje i zakon korjena:

$$n_{120} = n_{40} \cdot \sqrt{\frac{40000000}{120000000}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} \approx 6$$

6. GENERALIZACIJA TOČKASTIH, LINIJSKIH I POVRŠINSKIH OBJEKATA S POSEBNIM OSVRTOM NA TEMATSKE KARTE

U ovom poglavlju bit će navedene opće postavke u generalizaciji točkastih, linijskih i površinskih objekata. Detaljna obrada dat će se u daljim poglavljima.

6.1. Generalizacija točkastih objekata

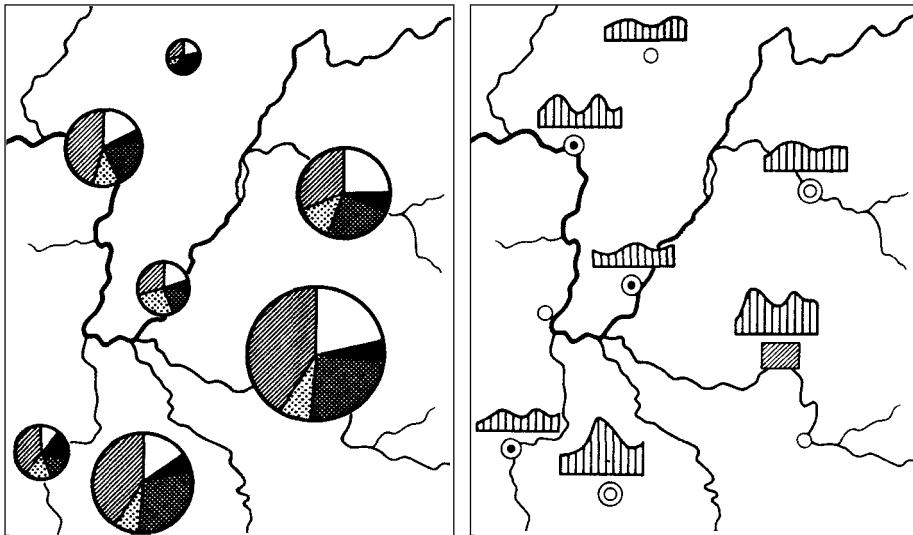
Za prikaz točkastih objekata na karti služimo se signaturama. Od metoda kartografske generalizacije primjenjuju se poopćenje kvantitativnih i kvalitativnih značajki i izbor objekata.

Poopćenje kvantitativnih značajki sastoji se u prijelazu od kontinuirane skale vrijednosti na stupnjevitu i u redukciji broja klasa. Primjer su različite skale broja stanovnika na kartama različitih mjerila.

U *poopćenju kvalitativnih značajki* dvije su mogućnosti. Prema prvoj signature za različite objekte iste vrste zamjenjujemo signaturom za tu vrstu. Npr. na industrijskoj karti posebne signature za tvornice poljoprivrednih, transportnih i industrijskih strojeva zamjenjujemo signaturom za tvornice strojeva. Druga je mogućnost odustajanje od prikaza kvalitativnih posebnosti, npr. kad u prikazu administrativnih značajki naselja ne prikazujemo posebnim znakom glavne gradove općina.

Ako osim informacije o pojavi, kvaliteti i kvantiteti objekta treba pružiti i informaciju o vremenskoj promjeni objekta ili o udjelu pojedinog dijela u ukupnom sastavu objekta, primjenjuje se kao sredstvo izražavanja dijagram. On u zajednici s kartom daje kartodijagram. Kada se informacije dane dijagramom odnose na pojedine objekte koji su se pri preslikavanju sveli na točku, nastaje točasti kartodijagram (Lovrić 1988) (sl. 6.1.). U dijagramu na sl. 6.1.a površina kruga odgovara absolutnim iznosima, npr. broju zaposlenih stanovnika u gradovima, a pripadni kut isječaka relativnom udjelu pojedinih dijelova, npr. udjelu zaposlenih u različitim granama djelatnosti. Na sl. 6.1.b krivuljnim dijagramom prikazana je količina oborina u tijeku godine. Horizontalna os podijeljena je na dvanaest mjeseci, a na vertikalnu os nanesena je količina oborina u svakom mjesecu.

Ako se kružni dijagrami primjenjuju na općegeografskim kartama, tada su krugovi često suviše mali da bi mogli prenijeti određene brojčane vrijednosti, pa veličina kruga znači samo *mnogo* i *malo*. U primjeni kartodijagrama može se samo uvjetno govoriti o generalizaciji. Najčešće se radi o smanjenju broja intervala u stupnjevitoj skali.



Sl. 6.1. Točkasti kartodijagrami: a) kružni dijagrami; b) krivuljni dijagrami (Imhof 1972)

U izboru objekata često se služimo nekom graničnom vrijednošću, npr. prikazujemo samo naselja veća od 1000 stanovnika. Nadalje, izostavljaju se kvalitativno malo važni objekti, npr. na karti svijeta s prikazom rudnih nalazišta izostavljamo nalazišta lokalne važnosti.

Izbor objekata ovisi i o oblikovanju objekata, tj. potrebe da uz znakove dolaze i imena objekata. Znakovi za naselja vrlo su mali i omogućavali bi prikaz mnogo većeg broja naselja kad se ne bi morala upisivati i imena naselja. Na 1 dm² karte mjerila 1:1 000 000 može se smjestiti oko 150 naselja s imenima. U navedenom mjerilu 1 dm iznosi 100 km. U gusto naseljenim predjelima u kvadratu 100 km × 100 km ima i do 1500 naselja, što znači da ih se na karti mjerila 1:1 000 000 može prikazati oko 10%.

6.2. Generalizacija linijskih objekata

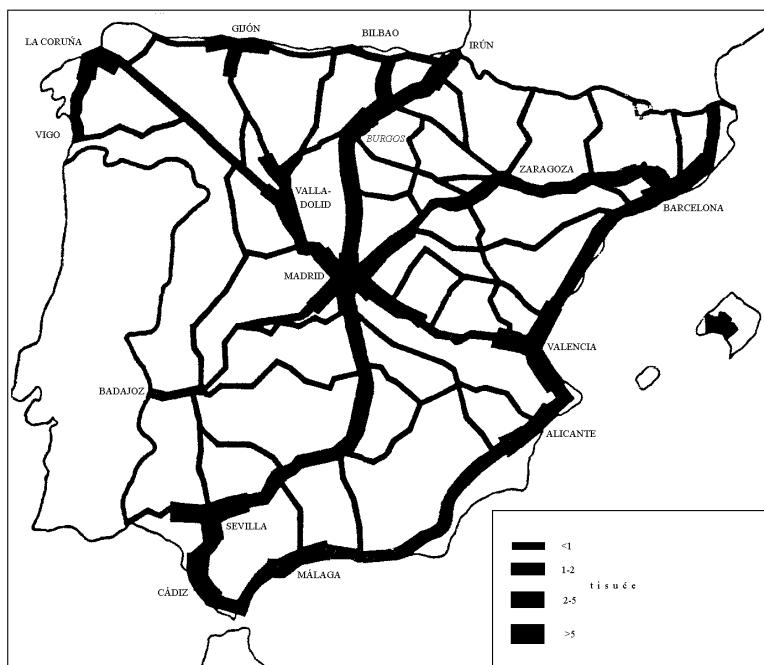
Linijski objekti prikazuju se na karti linijskim kartografskim znakovima. Dobra generalizacija tlocrtnog prikaza ima prvorazrednu važnost. Primjer je generalizacija rječne mreže. Postavlja se pitanje s kojom se detaljnošću može prikazati tlocrt rječne mreže. Ovisi to o mogućnostima prikaza detalja linijskim prikazom. Iskustvo pokazuje da se pri debljini linije od 0,1 mm krivudavost neke linije može zamijetiti kod zavijutaka duljine 0,6-0,7 mm i dubine 0,4 mm. To su najmanji detalji, jer se rijeke prema ušću prikazuju nešto debljim linijama da bi se nadalje, zbog njihove važnosti, prikazale s dvije linije. Minimalne veličine pri kojima se rijeke prikazuju s dvije linije iznose 0,5 mm što u različitim mjerilima iznosi:

u mjerilu 1:10 000	5 m
u mjerilu 1:100 000	50 m
u mjerilu 1:1 000 000	500 m
u mjerilu 1:10 000 000	5000 m

Iz toga se mogu izvući dva zaključka. Prvo da je generalizacija tlocrtnog prikaza rječne mreže nužna i drugo da je zbog zornosti karata poželjno rijeke prikazati širim nego što u prirodi jesu. Na topografskim kartama rijeke se prikazuju približno pet puta šire u odnosu na njihovu stvarnu širinu.

Znak za prikaz željezničkih pruga na kartama mjerila 1:25 000, 1:200 000 i 1:1 000 000 je npr. 3, 20 i 100 puta širi od onog u prirodi. Stoga mnoge male detalje ne možemo prikazati.

U generalizaciji linijskih objekata primjenjuje se i *poopćenje kvalitativnih značajki*. Npr. na topografskim kartama željezničke pruge razlikujemo prema broju kolosijeka, širini kolosijeka, jesu li elektrificirane ili ne itd. Na kartama sitnijih mjerila takva podjela otpada i prikazuju se samo glavne linije s međunarodnim protezanjem. Postoji i poopćenje kvalitativnih značajki koje nije povezano s pojednostavljenjem klasifikacije. Npr. na topografskim kartama na određenom području moguće je prikazati finu podjelu različitih oblika morske obale. Na kartama sitnih mjerila to nije moguće i prikazuje se onaj oblik koji prevladava.

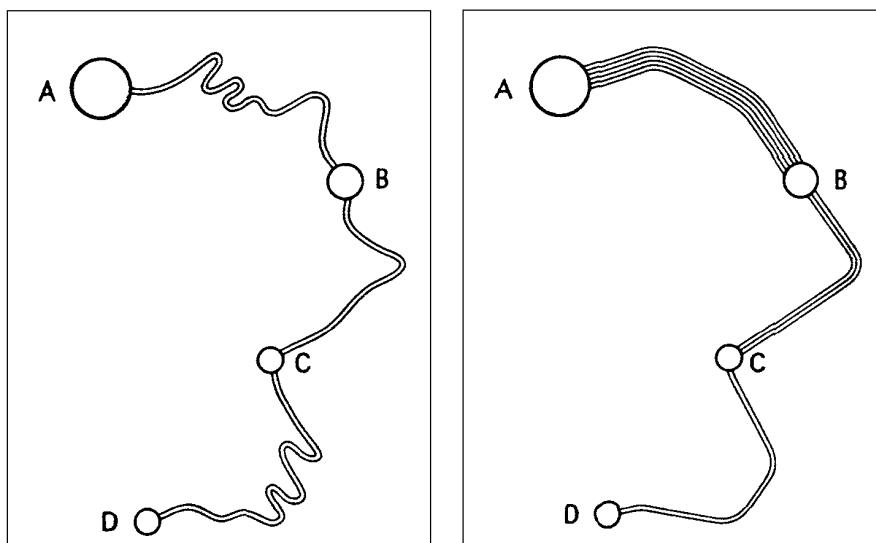


Sl. 6.2. Linijski kartodijagram: teretni cestovni promet (srednji dnevni broj vozila) (Šegota 1982)

U primjeni metode linijskih kartodijagrama (sl. 6.2.) najvažnije su metode generalizacije poopćenje spojnica (sl. 6.3.) i poopćenje kvantitativnih značajki. Na sl. 6.3.a cesta kojom se prenosi određeni teret topografski je prikazana, a na sl. 6.3.b prikaz ceste je pojednostavljen pri čemu je širinom trake prikazana količina tereta koji se prevozi. U poopćenju kvantitativnih značajki najčešće se smanjuje broj klasa, pa bi se u prijelazu na još sitnije mjerilo broj klasa na sl. 6.2. s pet smanjio npr. na tri klase.

Izbor linijskih objekata u prijelazu na karte sitnih mjerila provodi se prema kvantitativnim i kvalitativnim ograničenjima. Dobar primjer kvantitativnog ograničenja je izbor rijeka na općegeografskim kartama. Prikazuju se samo rijeke veće od neke granične vrijednosti. To je često 1 cm na topografskim kartama, 0,5 cm na atlasnim kartama i 2 cm u školskim atlasmima (Salistschew 1967).

Primjer primjene *kvalitativnog ograničenja* je ispuštanje prikaza granica najnižih administrativnih jedinica.



Sl. 6.3. a) transportni put A-B-C-D topografski prikazan; b) prikaz količine tereta na pojednostavljenim dionicama A-B, B-C i C-D (Imhof 1972)

6.3. Generalizacija površinskih objekata

6.3.1. Generalizacija objekata s kontinuiranim pružanjem

U prikazu objekata (pojava) kontinuiranog površinskog protezanja (npr. reljef, temperatura zraka itd.) služimo se u prvom redu *metodom izolinija* i *metodom obojenih*

površina. Prvu metodu primjenjujemo kada se radi o kvantitativnim značajkama, a drugu kada se radi o kvalitativnim značajkama.

Generalizacija prikaza izolinijama sastoji se u povećanju ekvidistancije i pojednostavljenju linija. Dobar je primjer prikaz reljefa. Na hrvatskim topografskim kartama ekvidistancija na karti mjerila 1:5000 iznosi $e=1$ m, na karti 1:25 000 $e=10$ m, na kartama 1:50 000 i 1:100 000 $e=20$ m, a na karti 1:200 000 $e=100$ m. Poopćenje linijskog toka pojedinih izohipsa nema ništa zajedničkog s mehaničkim pojednostavljenjem linija. Bit je u pojednostavljenju oblika reljefa.

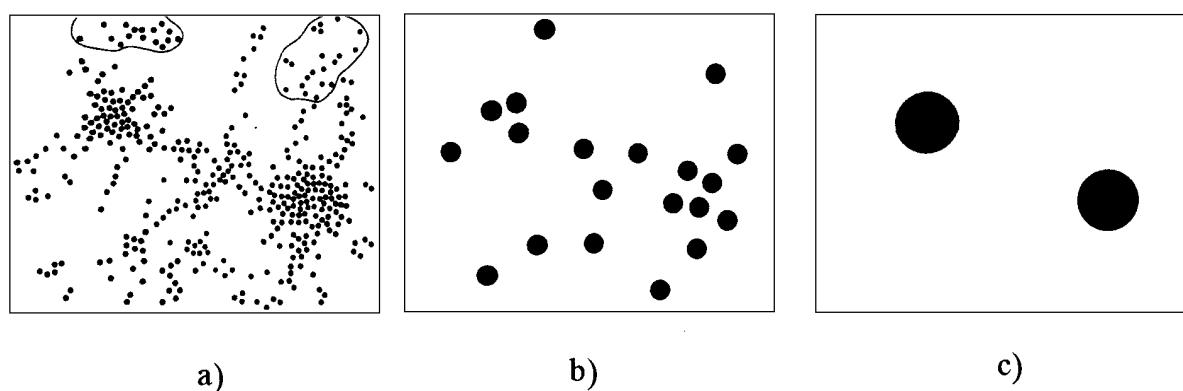
Slična pravila vrijede i za ostale sustave izolinija, koje možemo zamisliti kao plohe čija se generalizacija zasniva na istim načelima kao i prikaz reljefa.

U primjeni metode obojenih površina generalizacija se sastoji u poopćenju klasifikacije prikazane pojave. Obično se radi o prijelazu s pojedinačnih oblika na prikaz vrste. Npr. na geomorfološkim kartama radi se o prijelazu od pojedinačnih oblika na prikaz tipova reljefa.

U generalizaciji pojava prikazanih obojenim površinama veliku važnost ima poopćenje granica.

6.3.2. Generalizacija površinskih nekontinuiranih pojava

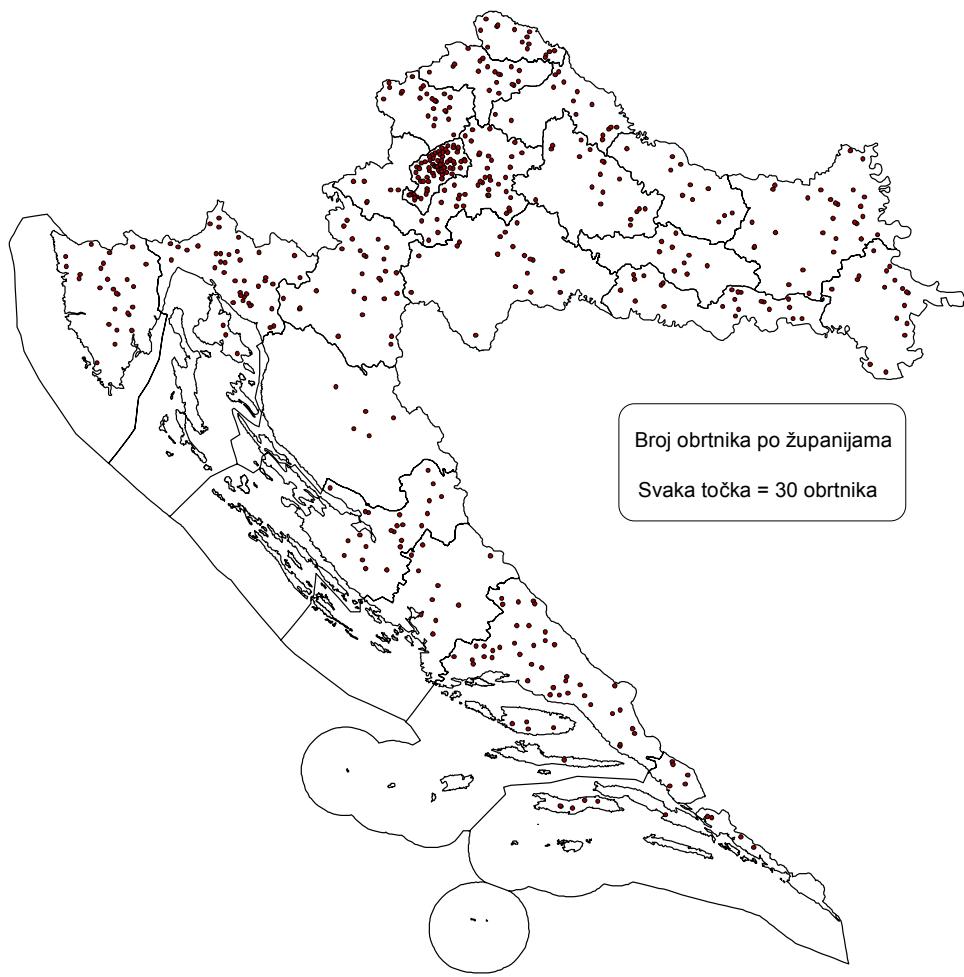
U prikazu površinskih nekontinuiranih pojava primjenjuju se metode točaka, površinskih kartodijagrama, kartograma i areala.



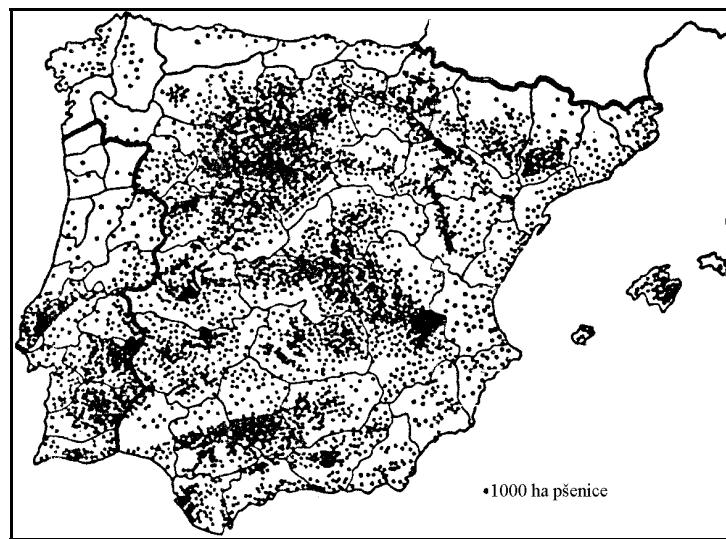
Sl. 6.4. Razdioba stanovništva; a) 1 točka = 10 osoba, mjerilo 1:50 000; b) 1 točka = 200 osoba, za mjerilo 1:200 000, četiri puta uvećano; c) 1 točka = 2000 osoba, za mjerilo 1:1 000 000, 20 puta uvećano (Imhof 1972)

U prikazima metodom točaka generalizacija se sastoji u povećanju vrijednosti pojedine točke. Na sl. 6.4.a prikazan je isječak karte razdiobe stanovništva u mjerilu 1:50 000 u kojem

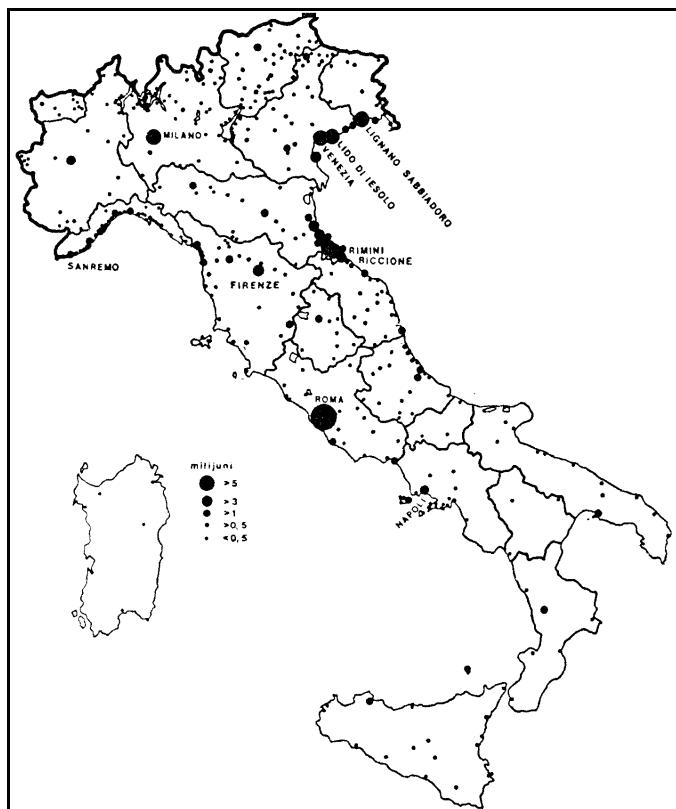
svaka točka predstavlja 10 osoba. Na sl. 6.4.b prikazan je taj isti isječak generaliziran za mjerilo 1:200 000, gdje svaka točka predstavlja 200 osoba. Prikaz je generaliziran i prikazan u mjerilu 1:50 000, dakle četverostruko je veći od konačnog formata. Generalizacija tog istog isječka za kartu mjerila 1:1 000 000 prikazana je na sl. 6.4.c pri čemu svaka točka predstavlja 2000 osoba. Prikaz je 20 puta veći od formata u mjerilu 1:1 000 000. Lako je uočiti da se smanjivanjem mjerila gube mogućnosti prikaza osobitosti razdiobe vidljive na karti 1:50 000. Na sl. 6.5. prikazan je metodom točaka broj obrtnika u distributivnoj trgovini u 2000. godini (Latinović 2000). I na sl. 6.6. primijenjena je metoda točaka za prikaz geografske raspodjele proizvodnje pšenice u Španjolskoj. Izabrana je, međutim, premala vrijednost točke (1000 ha) pa je na mnogo mjesta došlo do stapanja točaka. čitljiviji prikaz dobio bi se da je za pojedinu točku izabrana veća vrijednost, npr. 1500 ha. Da bi se izbjeglo stapanje točaka mogu se upotrebljavati i točke različitih vrijednosti pa prema tome i različitih promjera. Tom je metodom na sl. 6.7. prikazana raspodjela broja noćenja u Italiji 1972. godine.



Sl. 6.5. Karta obrtnika u distributivnoj trgovini u 2000. godini

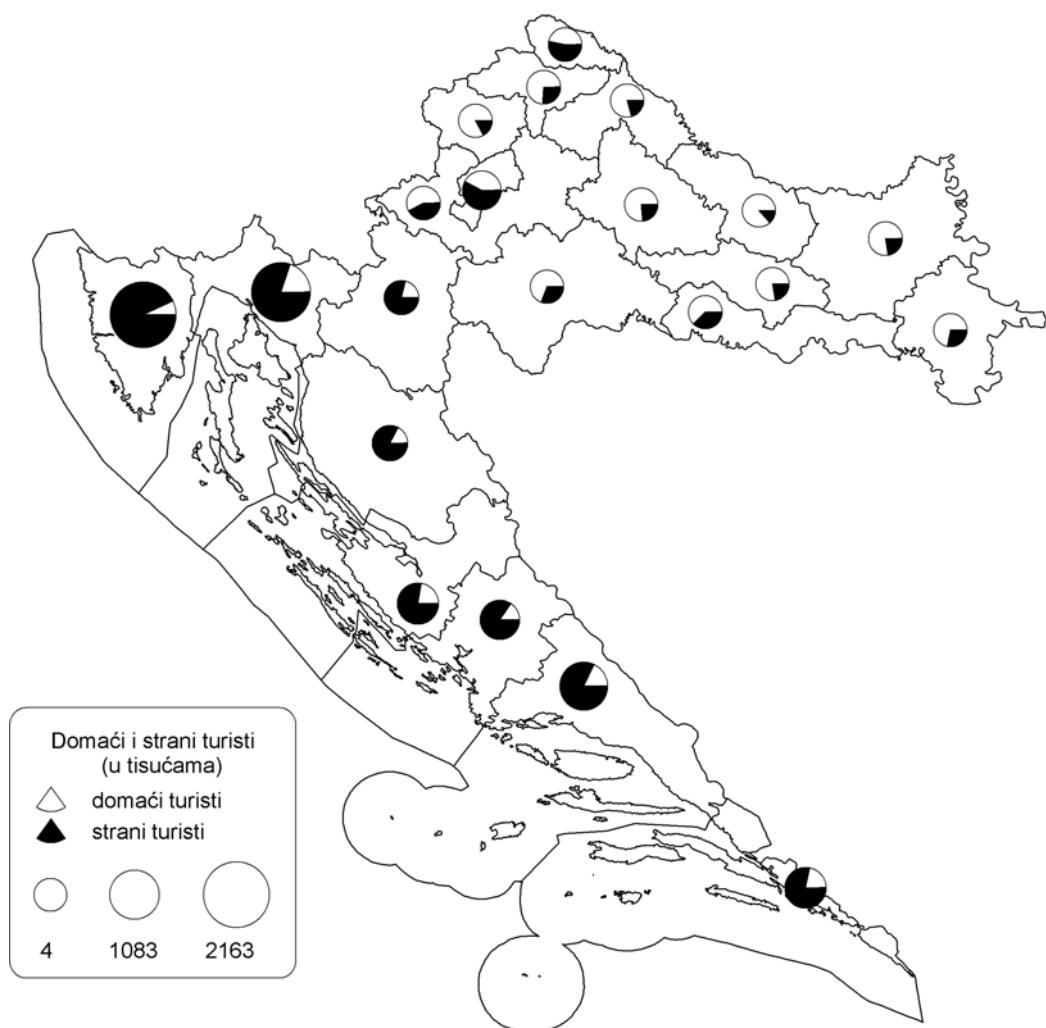


Sl. 6.6. Raspodjela proizvodnje pšenice (Šegota 1982)



Sl. 6.7. Raspodjela broja noćenja 1972. godine (Šegota 1982)

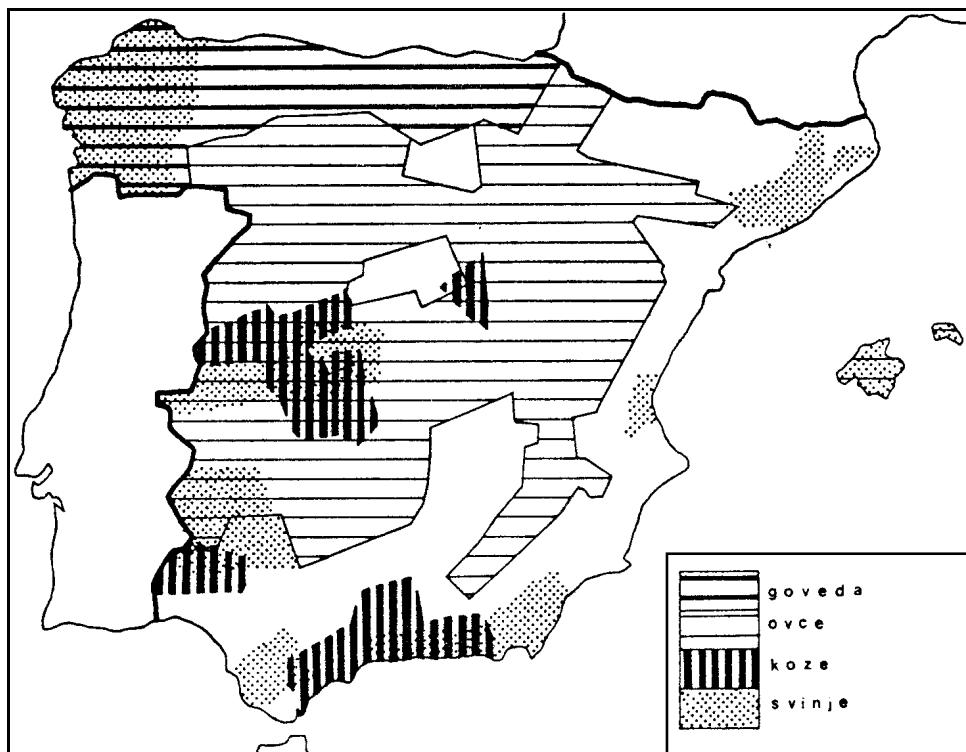
Za prikaz kvantitativnih značajki objekata unutar određenih teritorijalnih jedinica primjenjuje se metoda površinskih kartodijagrama ako je pri tome bitno prikazati udio pojedinih dijelova neke cjeline. Tako je na sl. 6.8. metodom površinskih kartodijagrama prikazan ukupan broj turista po hrvatskim županijama s udjelom domaćih i stranih turista (Latinović 2003). Ta je metoda identična metodi točkastih kartodijagrama (sl. 6.1.) s time da se podaci ne odnose na točkaste objekte, npr. naselja, nego na površinske, npr. regije.



Sl. 6.8. Površinski kartodijagram: karta ukupnog broja turista po županijama

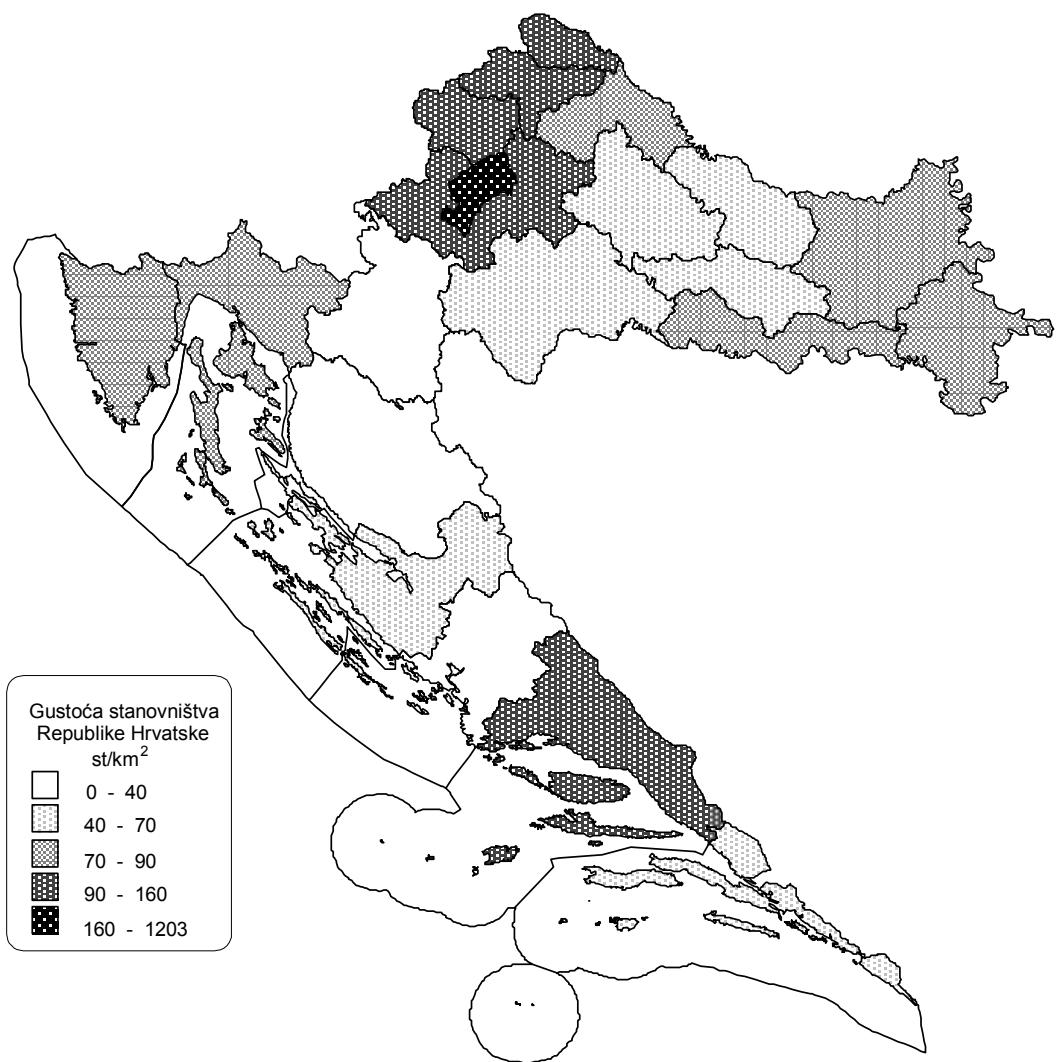
U prijelazu na karte sitnijih mjerila generalizacija prikaza metodom površinskih kartodijagrama sastoji se u pojednostavnjenu granica teritorijalnih jedinica i u prijelazu s manjih na veće teritorijalne jedinice.

Neki objekti, npr. rasprostranjenost neke biljke i životinje, ne mogu se točno ograničiti, dakle nisu površinski objekti. Na njihovu kartografskom prikazu, koji nazivamo *karta areala*, mora biti vidljiva nedefiniranost granice objekta. Tom je metodom prikazano na sl. 6.9. stočarstvo u Španjolskoj. Granice nekih areala (goveda, ovce) prikazane su jasno definiranim granicama, što je nedostatak kartografskog prikaza na toj slici.



Sl. 6.9. Metoda areala: stočarstvo u Španjolskoj (Šegota 1982)

Tematske karte na kojima statističke podatke koji se odnose na određene površine, npr. teritorijalne jedinice, najčešće kartografski vizualiziramo različitim tonovima sive boje ili različitim bojama, tako da daju utisak različitog intenziteta prikazane pojave, nazivamo površinskim kartogramima. Tom metodom prikazana je na sl. 6.10. gustoća naseljenosti Hrvatske po županijama. U generalizaciji prikaza metodom površinskih kartograma najvažniji postupak je pojednostavljenje prikaza granica i prijelaz od manjih teritorijalnih jedinica na veće kao i kod metode površinskih kartodijagrama.



Sl. 6.10. Metoda površinskog kartograma: gustoća naseljenosti Hrvatske po županijama prema popisu stanovništva iz 2001. godine

7. GENERALIZACIJA SADRŽAJA TOPOGRAFSKIH KARATA

Prema Višejezičnom kartografskom rječniku sadržaj karte je sve ono što je prikazano unutar okvira i napisano izvan okvira lista karte (Borčić i dr. 1977). Prema tome sadržaj topografske karte čine uz izvanokvirni sadržaj i matematičku osnovu prikazi ovih objekata: vode i hidrotehnički objekti, zemljšni oblici (relef), naselja, komunikacije (prometna mreža i sredstva veza i linija), biljni pokrivač (vegetacija), razne granične linije i imena objekata.

U generalizaciji sadržaja topografskih karata izvanokvirni sadržaj možemo izostaviti, a od matematičke osnove treba se osvrnuti na prikaz trigonometrijske mreže na kartama različitih mjerila.

U obradi *generalizacije prikaza* pojedinih objekata, npr. generalizacije prikaza naselja ponekad će se, kratkoće radi, izostaviti riječ *prikaz* i govoriti o generalizaciji naselja. Naravno, u svim se tim slučajevima misli na generalizaciju prikaza tih objekata.

7.1. Trigonometrijska mreža

Kad se radi o prikazu trigonometrijske mreže na kartama postavlja se pitanje da li su trigonometrijske točke potrebne na kartama i da li su te točke potrebne na kartama svih mjerila. U odgovoru na ta pitanja treba navesti koristi od trigonometrijskih točaka na kartama (Tjabin 1949):

- iz koordinata se mogu izračunati udaljenosti i usporediti s izmjerenim udaljenostima na karti,
- olakšavaju izvođenje inženjerijskih radova na terenu, npr. razvijanje poligonske mreže,
- služe za orijentaciju jer su postavljene na markantna mjesta.

Iz navedenog se vidi da trigonometrijske točke imaju važnost na kartama krupnih mjerila, a važnost im opada smanjivanjem mjerila i to iz ovih razloga:

- sud o točnosti karte sitnog mjerila može se dati i bez trigonometrijskih točaka, jer se izmjerene udaljenosti mogu usporediti s izmjerenim udaljenostima na kartama krupnih mjerila,
- karte sitnih mjerila nisu osnova za izvođenje inženjerskih radova,
- na kartama sitnih mjerila za orijentaciju su nužni veliki uočljivi objekti.

Ucrtavanje trigonometrijskih točaka na kartu aktualno je i s gledišta opterećenja karte, jer znak za trigonometrijsku točku zauzima na karti sitnog mjerila isto prostora kao npr. neko naselje. Karte mjerila 1:200 000 i karte sitnijih mjerila vrlo su osjetljive u pogledu prostora i unošenje svakog znaka mora biti kritički razmotreno. Smatra se da trigonometrijske točke na kartama mjerila 1:500 000 i sitnijim mjerilima ne treba prikazivati signaturom (trokutom) već kao obične kote.

7.2. Vode i hidrotehnički objekti

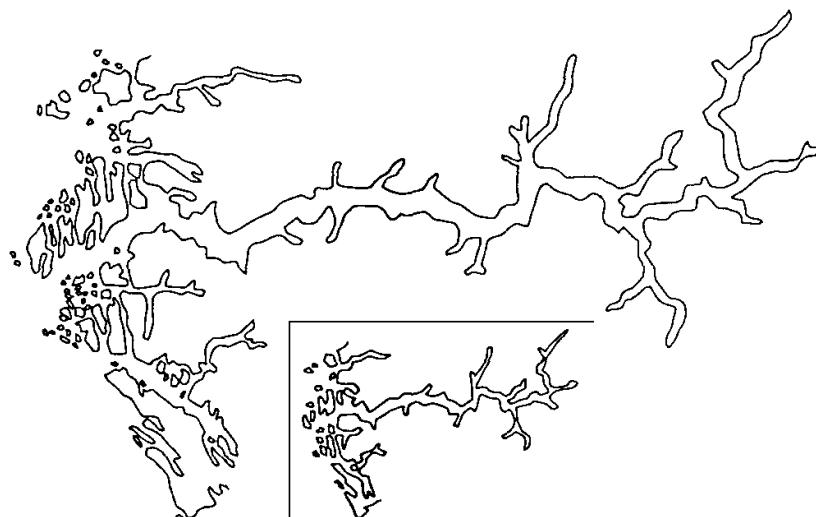
Prikaz voda i hidrotehničkih objekata obuhvaća obalnu liniju mora i jezera, riječnu i kanalsku mrežu i hidrotehničke objekte. Sve te objekte često nazivamo hidrografska mreža. Ta mreža ima golemu važnost za gospodarstvo. Rijeke su prirodni najjeftiniji prometni putovi, ujedno su i izvor energije. S vojnog gledišta rijeke su i prirodne prepreke za kretanje, važne u obrambenom smislu. Važnost rijeka se povećava njihovom širinom i dubinom. Karakter obale rijeka, njihova krivudavost također utječe na njihovu važnost u vojnom smislu.

S kartografskog gledišta prikazivanje hidrografske mreže na kartama ima naročitu važnost. U prvom redu zato jer hidrografska mreža obično služi kao neka vrsta osnove za unošenje ostalih elemenata karte, a u drugom redu što hidrografska mreža olakšava čitanje i razumijevanje reljefa prikazanog na karti.

7.2.1. Obalna linija mora i jezera

U generalizaciji morskih i jezerskih obalnih linija mora se voditi računa o načinu postanka obala i obalnog reljefa. Veća ili manja razvedenost morske ili jezerske obalne linije ima prirodne uzroke. Specifičnost generalizacije tih linija je baš u tome da se sačuvaju oni detalji obale iz kojih se zaključuje uzrok njezina postanka, a izostavljaju se oni koji ne doprinose tom zaključku.

Na kartama krupnih mjerila (zaključno s mjerilom 1:100 000) obalne linije se mogu prikazati s dosta detalja i dovoljno točno, te se može vjerno prikazati razvedenost obala.



Sl. 7.1. Generalizacija fjordovske obale (Schweizerische Gesellschaft für Kartographie 1975)

Na kartama srednjih i sitnih mjerila potrebno je sačuvati karakter obalnih linija, njihovu razvedenost. One detalje koji su tipični za određenu obalu (dalmatinska obala, fjordovska obala itd.) treba povećati, a ostale detalje reducirati (Peterca i dr. 1974). Na sl. 7.1. prikazana je generalizacija fjordovske obale pri čemu su i na prikazu u sitnijem mjerilu sačuvani svi karakteristični detalji tog tipa obale.

7.2.2. Rijeke i kanali

U prikazu rijeka postavlja se pitanje širine njihovog prikaza na kartama u različitim mjerilima. Preciznije rečeno pri kojoj širini rijeka treba njihov tok prikazati na kartama u pojedinim mjerilima s dvije linije. U odgovoru na to pitanje polazimo od važnosti rijeka. Naime, možemo reći da rijeke uže od 1 m nemaju neku posebnu važnost. Stoga ih prikazujemo s jednom linijom i na kartama mjerila 1:1000, iako bi ih u tom mjerilu bilo moguće prikazati s dvije linije. Prema tome možemo zaključiti da je širina rijeka od 1 m granična vrijednost pri kojoj ćemo ih na kartama mjerila 1:1000 prikazati s dvije linije. Polazeći od te granične vrijednosti u mjerilu 1:1000 možemo pomoći zakona korjena izračunati odgovarajuće granične vrijednosti na kartama u ostalim mjerilima. Budući da se ovdje ne radi o računanju veličina na karti nego veličina u prirodi, zakon korjena može se napisati u ovom obliku (Töpfer 1967):

$$n_F = C \cdot n_A \sqrt{\frac{M_F}{M_A}} \quad (7.1)$$

U toj formuli n je odgovarajuća veličina u prirodi, a C konstanta važnosti objekta ili neke druge njegove značajke. U mjerilima do 1:100 000 obično se uzima da je $C=1$.

Po formuli (7.1.) možemo polazeći od mjerila 1:1000 i granične vrijednosti 1 m izračunati graničnu vrijednost prikaza rijeka s dvije linije u bilo kojem drugom mjerilu. Za mjerilo 1:100 000 izlazi

$$n_{100} = 1,0 \sqrt{\frac{100000}{1000}} = 10 \text{ m}$$

Da bismo provjerili je li to i u praksi usvojena vrijednost, dani su u tablici 7.1. podaci o graničnim veličinama prikaza rijeka s dvije linije na kartama u različitim mjerilima prema njemačkim kartografskim ključevima. U tablici su dane granične vrijednosti za rijeke i kanale a u posljednjem stupcu veličine izračunate po zakonu korjena (Töpfer 1967).

Karte mjerila 1:200 000 i karte sitnijih mjerila nazivamo pregledne topografske karte, jer se na tim kartama ne može prikazati većina pojedinačnih topografskih objekata (npr. zgrade,

putovi). Ta njihova posebna značajka dolazi do izražaja i u generalizaciji pa se u zakonu korjena konstanta C računa po formuli

$$C = \sqrt{\frac{M_F}{M_A}} \quad (7.2.)$$

Uvrsti li se taj izraz u (7.1.) dobiva se

$$n_F = n_A \frac{M_F}{M_A} \quad (7.3.)$$

Po toj formuli dobivene su vrijednosti u zadnjem stupcu tablice 7.1. za mjerila sitnija od mjerila 1:100 000.

Tablica 7.1. Granične vrijednosti prikaza rijeka i kanala dvostrukim linijama na njemačkim kartama i izračunate po zakonu korjena

Mjerilo 1:	rijekte (m)	kanali (m)	po zakonu korjena (m)
1000	1	1	1
2000	2	2	1,4
5000	3	3	2,2
10 000	3	3	3,2
25 000	5	3	5,0
50 000	5	3	7,1
100 000	10	3	10
200 000	20	10	20
500 000	60		50
1 000 000	120		100
2 500 000			250
5 000 000			500
10 000 000			1000

Time je riješeno pitanje širine rijeka koje na kartama različitih mjerila treba prikazati s dvije linije. Treba još riješiti i pitanje kartografskog ključa, tj. njihovog prikaza na kartama. Opće je uvjerenje da je minimalna širina linija za prikaz rijeka, a da bi one bile čitljive u normalnim uvjetima, 0,1 mm (Töpfer 1967, str. 244). Iz toga proizlazi i minimalna širina za prikaz s dvije linije

$$0,1 + 0,3 + 0,1 = 0,5 \text{ mm}$$

Međurazmak od 0,3 mm potreban je naročito onda kada se tok rijeke prikazuje s točkastim rasterom. Obje izvedene minimalne širine (1 m u prirodi i 0,5 mm na karti) čine dvije osnovne veličine u izradi kartografskog ključa za čitav niz mjerila.

Kao što je već rečeno, u najkrupnijim mjerilima nije ni potrebno iskoristiti finoću tih minimalnih veličina. Tako ćemo u mjerilu 1:1000 prikazati tek rijeke široke 1 m s dvije linije. Tome na karti odgovara širina od 1 mm. Budući da nema nikakvih realnih razloga da se ta širina povećava ili smanjuje, može se uzeti da je $s_A = 1$ mm minimalna širina prikaza rijeka s dvije linije u mjerilu 1:1000. Pomoću zakona korjena za veličine na karti

$$s_F = s_A \sqrt{\frac{M_A}{M_F}} \quad (7.4.)$$

može se izračunati najpovoljnija širina prikaza na kartama ostalih mjerila. Za mjerilo 1:2000 dobiva se iz prethodne formule

$$s_2 = 1,0 \sqrt{\frac{1000}{2000}} = 0,71 \text{ m},$$

što na karti odgovara širini od 1,4 mm. Za mjerilo 1:5000 dobiva se na analogan način veličina 0,45 mm, što je uže od minimalne širine od 0,5 mm pa se može zaokružiti na tu širinu. Time počinje prikaz s dvije linije u mjerilu 1:5000 i svim sitnijim mjerilima s 0,5 mm.

U zadnjem stupcu tablice 7.1. dane su širine rijeka pri kojima počinje njihov prikaz na karti s dvije linije. Na osnovi tih veličina mogu se po zakonu korjena izračunati širine rijeka za prikaz jednom linijom različite širine (0,1 - 0,4 mm). Te su širine u tablici 7.2. (Töpfer 1967) izračunate po formuli (7.1.) za mjerila do 1:100 000, a po formuli (7.3.) za mjerila 1:200 000 i sitnija mjerila.

Tablica 7.2. Širine rijeka u metrima (na karti 0,1-0,4 mm)

Mjerilo	0,1 mm	0,2 mm	0,3 mm	0,4 mm
1:5000	<0,5		0,5	1
1:10 000	<0,5	0,5	1	2
1:25 000	<1	1	2	3
1:50 000	<2	2	3	5
1:100 000	<3	3	5	7
1:200 000	<5	5	10	15
1:500 000	<10	10	20	35
1:1 000 000	<20	20	50	75
1:2 500 000	<50	50	100	170
1:5 000 000	<100	100	250	350
1:10 000 000	<250	250	500	700
1:20 000 000	<500	500	1000	1500
1:50 000 000	<1000	1000	2000	3500

Minimalna duljina rijeka na karti

Pri prijelazu s karte krupnijeg na kartu sitnijeg mjerila smanjuje se broj rijeka koje se mogu prikazati. Minimalna duljina rijeka koje još treba prikazati na karti može se izračunati. Pri tome polazimo od opterećenja karte. Za karte određenog mjerila i vrste treba odrediti koliko na njima može biti opterećenje rijekama. Mogu se izraditi uzorni listovi s različitim opterećenjima, npr. s 0,5%, 1%, 1,5%, 2,0%, 3,0%, 4,6% (sl. 4.4.). Treba se odlučiti za odgovarajuće opterećenje. Pri tome treba zadati širinu linije kojom će biti iscrtane rijeke. Na osnovi tih podataka možemo izračunati koliku ukupnu duljinu rijeka možemo prikazati na određenoj površini. Tu duljinu obično računamo po formuli (Töpfer 1968a):

$$\sum x = \frac{p F}{b_0 M} \quad (7.5.)$$

gdje su:

$\sum x$ - duljina rijeka

p - opterećenje karte u postotcima

F - površina područja

b_0 - širina linije na karti

M - nazivnik mjerila karte

Označimo li s x_A graničnu duljinu rijeka koje još možemo prikazati na karti, tada se može napisati (Töpfer 1968a):

$$\sum x = \sum_{x_A}^{\infty} x = n_A \bar{x}_A \quad (7.6.)$$

gdje je

n_A - broj rijeka duljih od x_A km

\bar{x}_A - aritmetička sredina duljina svih tih rijeka.

Prema istraživanjima Bočareva i Nikolajeva (1957) duljine rijeka podliježu eksponencijalnoj razdiobi, što će reći da ima vrlo malo dugih rijeka, malo rijeka srednje duljine i vrlo mnogo kratkih rijeka. Na osnovi tog saznanja Töpfer (1968a,b) je izveo formulu:

$$\sum_{x_A}^{\infty} x = n \cdot \bar{x} (1 + x') e^{-x'}. \quad (7.7.)$$

U toj formuli n je broj svih rijeka na zadatom području, a \bar{x} srednja duljina svih rijeka pri čemu je

$$x' = \frac{x_A}{\bar{x}} \quad (7.8.)$$

Označimo s y_A odnos zbroja duljina rijeka duljih od x_A prema zbroju duljina svih rijeka:

$$y_A = \frac{\sum_{x_A}^{\infty} x}{\sum_{0}^{\infty} x} = \frac{\frac{x_A}{\bar{x}}}{n \cdot \bar{x}}. \quad (7.9.)$$

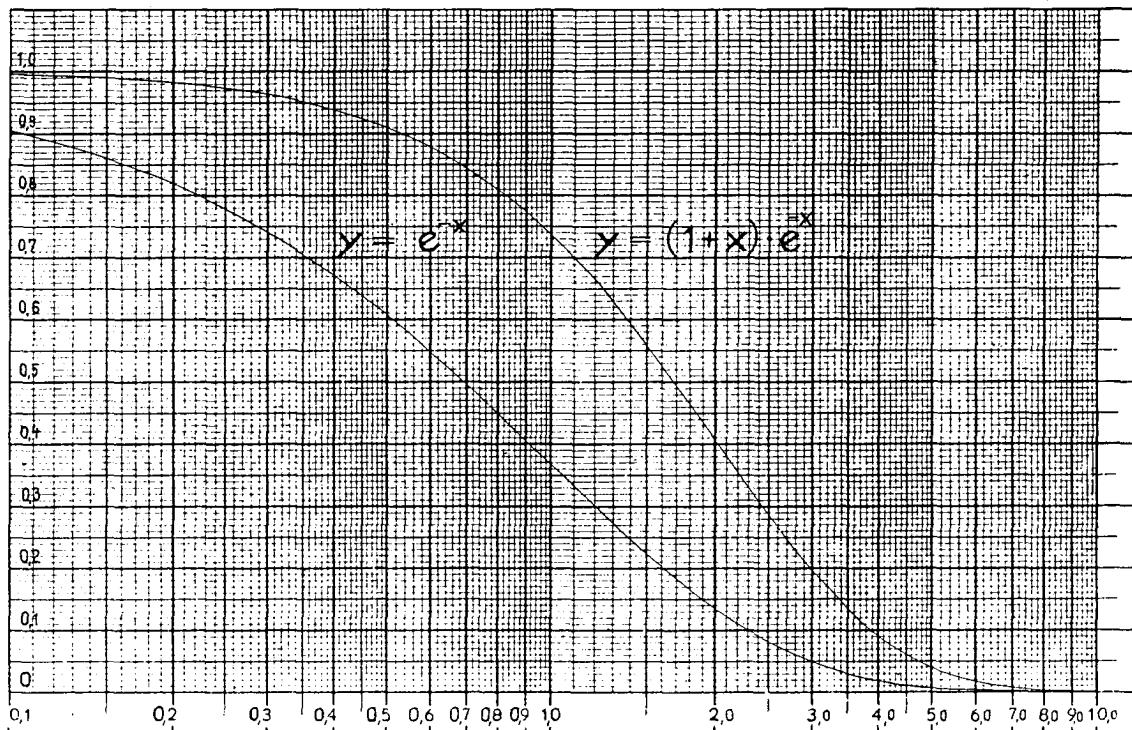
Izraz u brojniku je izračunat prethodno po formuli (7.5.) pa se po formuli (7.9.) može izračunati y_A , ako je poznat zbroj duljina svih rijeka. Iz (7.7.) tada slijedi

$$y_A = (1 + x') e^{-x'} \quad (7.10.)$$

odakle se može izračunati x' . Granična vrijednost x_A može se konačno prema (7.8.) izračunati po formuli

$$x_A = x' \cdot \bar{x} \quad (7.11.)$$

Veličinu x' računamo po formuli (7.10.) nekom od približnih metoda. Za izračunatu vrijednost y_A možemo x' očitati i iz dijagrama na sl. 7.2.



Sl. 7.2. Dijagram za određivanje veličine x' (Töpfer 1968a)

Primjer. Treba odrediti minimalnu duljinu rijeka koju još možemo prikazati na karti mjerila 1:1 000 000. Površina područja je $F=1500 \text{ km}^2$. Broj rijeka je $n=628$. Ukupna duljina rijeka je 1248 km. Opterećenost karte rijekama može iznositi 2%. Rijeke će biti prikazane linijom

debljine 0,1 mm.

Ukupnu duljinu svih rijeka koje mogu biti prikazane na karti, tj. koje su dulje od minimalne duljine x_A računamo po formuli (7.5.)

$$\sum_{x_A}^{\infty} x = \frac{p \cdot F}{b_0 \cdot M} = \frac{0,02 \cdot 1500 \cdot 10^{12}}{0,1 \cdot 1000000} = 300 \cdot 10^6$$

Prema formuli (7.9.) dobiva se

$$y_A = \frac{\sum_{x_A}^{\infty} x}{\sum_{0}^{\infty} x} = \frac{300 \cdot 10^6}{1248 \cdot 10^6} = 0,243$$

Iz dijagrama na sl. 7.2. za $y_A=0,243$ pročitamo

$$x' = 2,71$$

Srednju duljinu svih rijeka računamo po formuli

$$\bar{x} = \frac{\sum_{0}^{\infty} x}{n} = \frac{1248}{628} = 2,0$$

Uvrštavanjem u

$$x_A = x' \cdot \bar{x}$$

dobiva se

$$x_A = 2,71 \cdot 2,0 = 5,4 \text{ km}$$

što u mjerilu 1:1 000 000 iznosi $x_A = 5,4 \text{ mm}$.

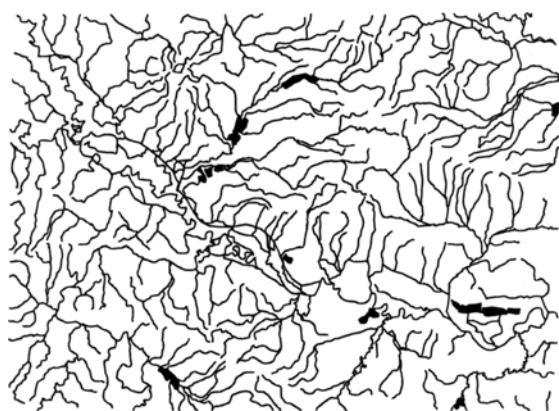
Praktična provedba generalizacije

Tok rijeke treba imati prirodan izgled, a ne shematski. Treba jače istaknuti glavnu rijeku, nešto slabije pritoke prvog reda i tako redom sve slabije pritoke nižeg reda. Nužno je обратити pozornost na gazove i skele naznačujući njihovu vrstu po kartografskom ključu. Generalizacija se provodi u nekoliko pravaca:

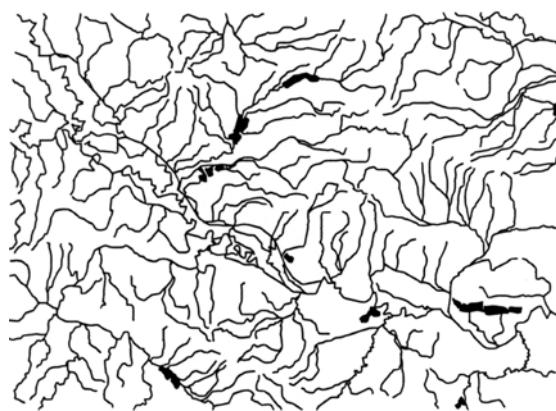
- 1) Pojednostavljenjem linije toka rijeke, koje ima svrhu prikazati karakter riječnog toka.
- 2) Isključivanjem mnogih detalja, npr. gazova, plićaka i dr. Početak i kraj plovnosti rijeka mora biti označen. Kanalska se mreža unosi sva na topografske karte.

3) Redukcijom rijeka kraćih od 1 cm u mjerilu topografske karte. Izuzetaka ima mnogo, npr., kada takve rijeke pomažu čitanju reljefa.

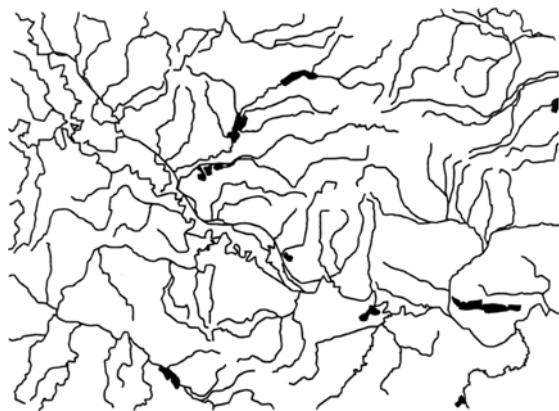
Na sl. 7.3. prikazana je generalizacija mreže vodotoka Posavine i zapadnog dijela Slavonije za mjerilo 1:2 000 000 na osnovi karte mjerila 1:500 000. Na temelju zadanih opterećenja karte od 4%, 5% i 6% izrađeni su prikazi u mjerilu 1:2 000 000 (Kekić 2002).



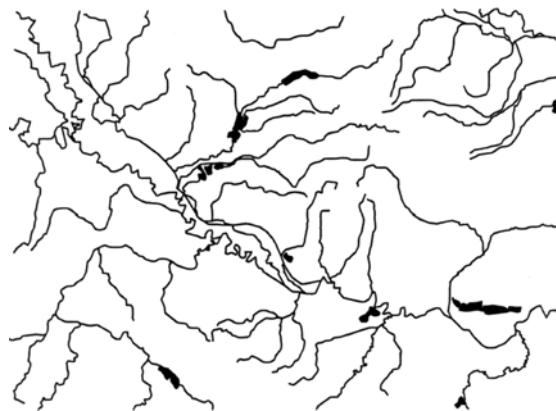
a)



b)



c)



d)

Sl. 7.3. a) Izvorni prikaz smanjen u mjerilo 1:2 000 000;
Generalizirani prikazi: b) s opterećenjem karte od 6%, c) s opterećenjem karte od 5%,
d) s opterećenjem karte od 4%

Izvori se na kartama prikazuju zaključno s kartom mjerila 1:100 000, a u bezvodnim predjelima daju se važniji izvori i na karti 1:200 000. Po istim načelima prikazuju se na karti i ostali hidrografski objekti (bunari, cisterne, bazeni za vodu i sl.). Hidroenergetski sustavi prikazuju se na kartama zaključno s kartom mjerila 1:1 000 000 (Peterca i dr. 1974).

7.3. Naselja

7.3.1. Različiti modeli naselja

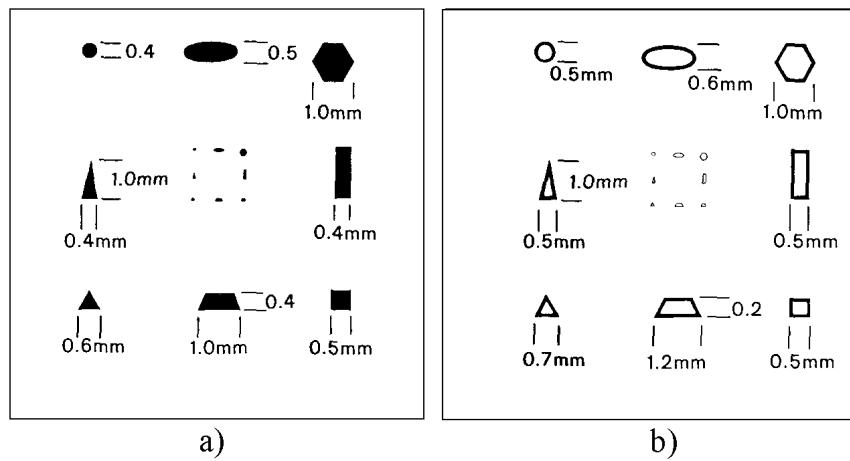
Prikaz naselja može se oslanjati na potpuno različite modele. Oni se razlikuju po sadržaju, stupnju detaljnosti i namjene. Postupak generalizacije prikaza naselja odgovara prema tome prijelazu od jednog modela naselja na neki drugi model, pri čemu se sadržaj ili stupanj detaljnosti reducira, najčešće ali ne i isključivo pri prijelazu na sitnije mjerilo. Također specifična namjena karte može biti povod za generalizaciju.

U kartografskom prikazu naselja pomišljamo prvo na prometnice i zgrade. Ali u naselju se nalaze i parkovi, športska igrališta, groblja, rezervoari za vodu, uređaji za pročišćavanje, elektrane, vodovi svih vrsta, potporni zidovi, spomenici i još mnogo toga. Radi se, dakle, o građevinama koje omogućuju ljudima stanovanje, rad, promet, odmor. To nabranje više služi kao primjer nego što je potpuno, ali dovoljno govori o širokoj paleti objekata koje treba generalizirati. Osim navedenih konkretnih objekata, naselje čine i njegovi stanovnici pa i svi oni koji u njemu rade, školuju se i dr. Naselja često prikazujemo signaturama prema broju stanovnika. U naselja često uključujemo bližu okolicu. Govorimo o raštrkanim i zbijenim naseljima. Iz svega je vidljivo da je pojам naselja relativno teško precizno definirati.

Potpuno različiti modeli naselja dobit će se ovisno o tome koje dijelove i koja njihova svojstva izaberemo i prikažemo u modelu. Vrlo rašireni model je *funkcijski raščlanjeno naselje* u kojem su površinski ograničene i prikazane različite vrste namjene prostora. Drugi pristup opisuje *povijesni razvoj* u kojem su predmet prikaza vremenska razdoblja u kojima su nastali pojedini dijelovi naselja. Treći model se zasniva na razlikovanju po *tipu izgradnje*. I na kraju predmet modela naselja može biti *gustoća naseljenosti* ili *gustoća radnih mesta*. To nabranje nije ni ovaj put konačno, služi samo kao primjer.

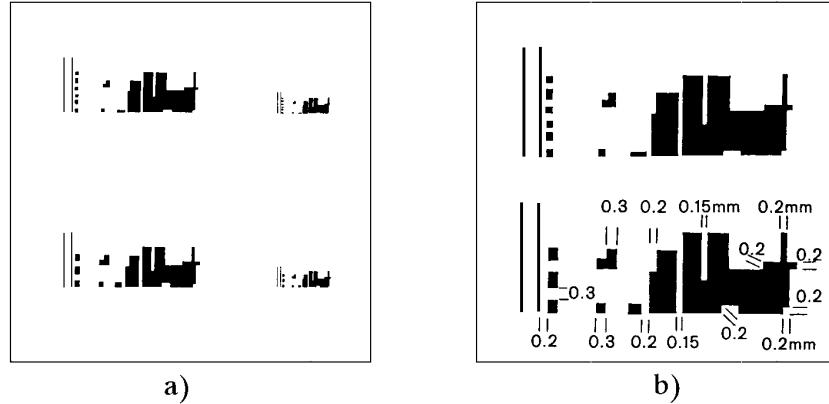
7.3.2. Minimalne veličine u generalizaciji naselja

Za uspješno prenošenje informacija o naselju odlučujuće je jasno razlikovanje signatura prema njihovim različitim oblicima, veličinama, orijentacijama i međurazmacima.



Sl. 7.5. Minimalne veličine signatura (Spiess 1990)

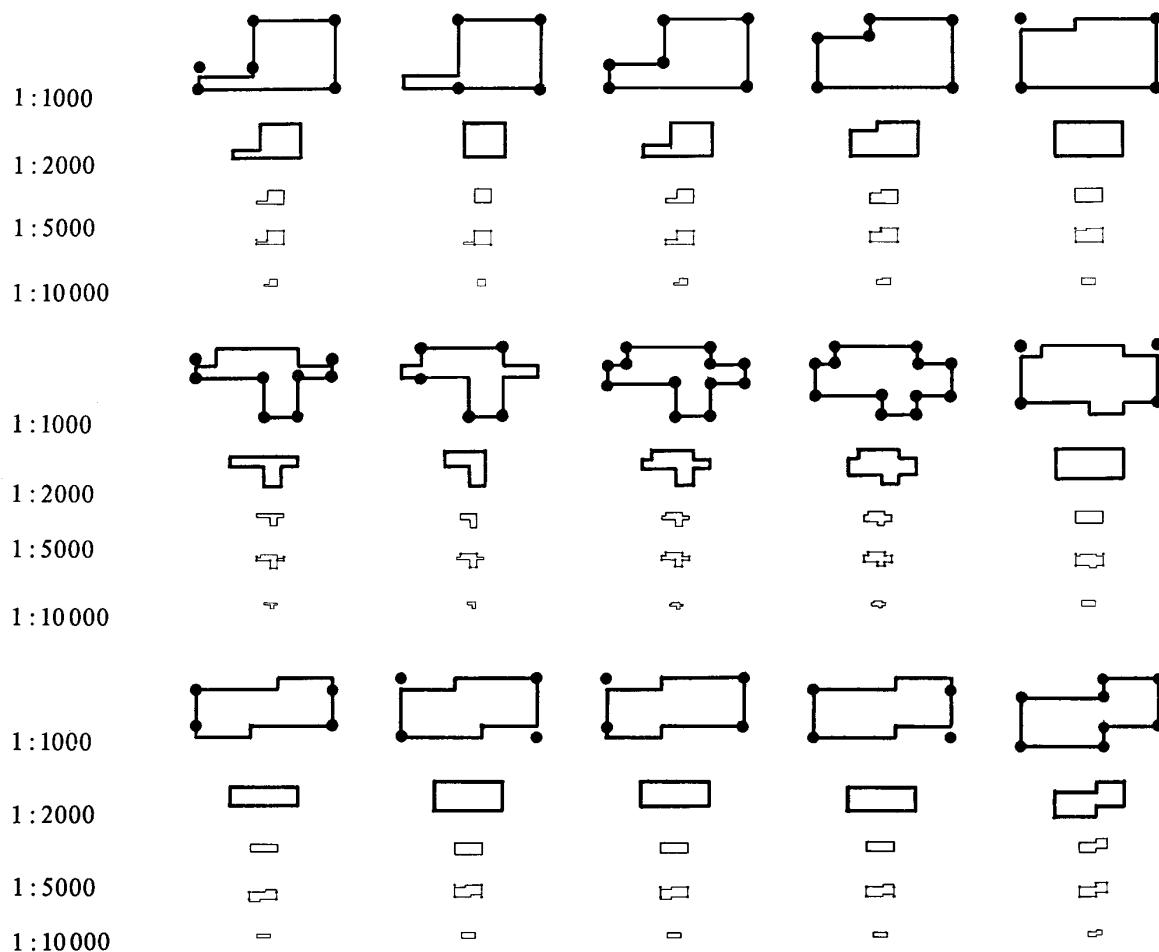
Na sl. 7.5. dane su minimalne veličine pojedinačnih odvojenih signatura prikazanih samo obrisnom linijom (sl. 7.5.b) i zapunjениh crnom bojom (sl. 7.5.a). Za crne kuće na bijeloj podlozi treba upotrijebiti minimalne veličine dane na sl. 7.6.a. Originalne veličine sa sl. 7.6.a povećane su 500% na sl. 7.6.b. Minimalne veličine za kvadratičnu kuću su 0,3 mm. Razmak između kuća smije samo izuzetno biti manji od 0,2 mm, npr. 0,15 mm kod dugih uskih koridora, ali 0,3 mm između pojedinačnih malih kuća.



Sl. 7.6. Minimalne veličine u prikazu zgrada: a) gore premale, dolje dobre; b) minimalne veličine povećane 500% (Spiess 1990)

U prikazu niza kuća treba izbjegavati da veličina kuća bude jednaka međurazmaku, jer crno-bijeli odnos 1:1 iritira. Minimalna veličina za izbočine i udubine iznosi oko 0,2 mm. Na sl. 7.6.a u gornjem dijelu minimalne veličine su premale, a u donjem dijelu su dobre.

7.3.3. Generalizacija pojedinačnih zgrada



Sl. 7.7. Generalizacija različitih oblika zgrada u mjerilima od 1:2000 do 1:10 000 (Spiess 1990)

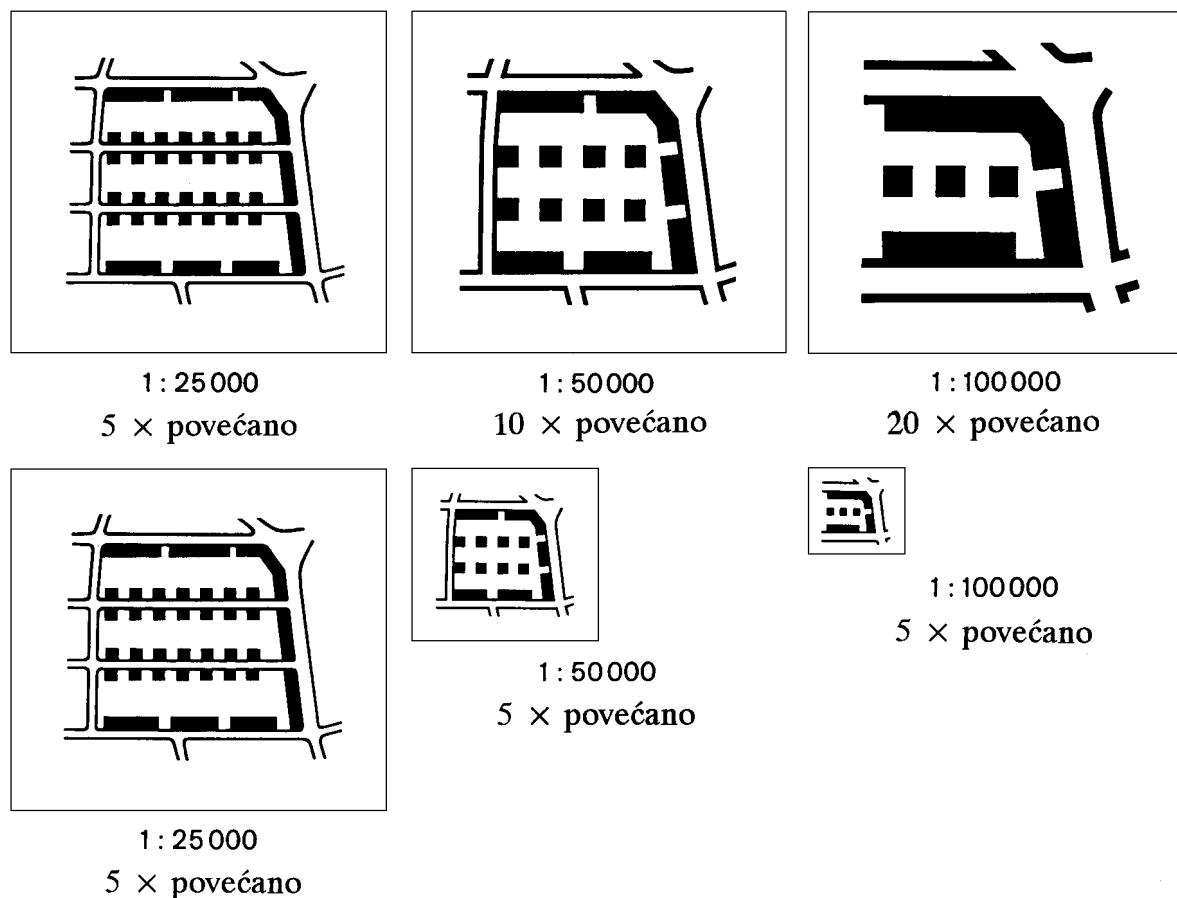
Na sl. 7.7. prikazana je generalizacija kuća pri prijelazu iz krupnih na sitnija mjerila. Polazeći od mjerila 1:1000 prikaz je smanjem u mjerila 1:2000, 1:5000 i 1:10 000 i gdje je potrebno pojednostavnen. To je uvijek tamo gdje su pojedini dijelovi manji od minimalnih veličina. Točke u mjerilu 1:1000 pokazuju točke koje se pri generalizaciji ne mijenjaju. Pri tome se nastoji očuvati površinu kuće. Slika pokazuje da je u većini slučajeva pojednostavnenje nužno pri prijelazu na mjerilo 1:5000. To pokazuje da kompjutorski podržana izrada karte mjerila 1:5000 iz karata mjerila 1:500 i 1:1000 neizostavno zahtijeva primjenu generalizacije.

U obradi topografske karte mjerila 1:25 000 i karata sitnijih mjerila iz fotosnimaka primjenjuje se generalizacija već u obradi stereoparova pojednostavnjem oblika. Pri tome se

treba držati ovih pravila:

- oblici manji od minimalnih veličina se ne prikazuju, kada u sklopu cjeline nemaju posebnu važnost,
- karakteristične oblike koji se u danom okolišu ističu treba povećati na minimalne veličine,
- oblici zgrada mogu se prema određenim modelima tipizirati,
- jasne razlike u veličini zgrada treba tako i prikazati,
- pravilan ili nepravilan niz zgrada treba kao takav i raspozнатi na karti,
- vidljivu udaljenost zgrada od ceste za razliku od zgrada tik uz cestu treba tako i prikazati,
- zgradu drugačijeg oblika ili orijentacije u nizu zgrada jednakih po veličini i orijentaciji lako se zapaža i treba je prikazati.

7.3.4. Prikaz naselja metodom prikaza zgrada



Sl. 7.8. Generalizacija uličnog bloka (Kuster 1990)

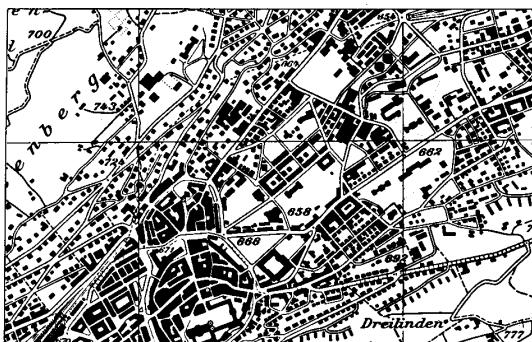
Na prvom mjestu treba naglasiti i tipizirano prikazati različite strukture naselja. Je li neko selo raštrkano, zbijeno ili ima pravilan raspored ulica treba biti vidljivo na karti mjerila 1:25 000, ali i na 16 puta manjoj površini karte 1:100 000. Naravno to isto vrijedi i za različite strukture gradskih naselja.

Da bi se pravilno prikazala struktura naselja treba sačuvati odnos izgrađenih prema neizgrađenim površinama. Na sl. 7.8. prikazana je generalizacija uličnog bloka na kartama u mjerilima 1:25 000, 1:50 000 i 1:100 000. Na karti mjerila 1:25 000 ulice su šire od njihovih stvarnih širina pa su zgrade uz njih pomaknute prema unutrašnjosti bloka. Zgrade su, također, veće od stvarnih veličina, a neki objekti i detalji su izostavljeni. Na karti 1:50 000 dalje proširenje ulica potisnuto je zgrade još više prema unutrašnjosti. Da bi se sačuvao odnos izgrađenih i slobodnih površina (crno-bijeli odnos) izostavljene su dvije sporedne ulice. Te dvije ulice naznačene su nizom zgrada u tim ulicama. U mjerilu 1:100 000 ulice zauzimaju još veći prostor nego što im u mjerilu pripada. Zgrade prikazane minimalnim veličinama zauzimaju četverostruko veći prostor. Da bi se što je moguće više sačuvao odnos crno-bijelih površina, treba reducirati broj zgrada.

Prikaz naselja ne smije se širiti na račun slobodnih površina. Taj je zahtjev teško ispuniti jer je već u mjerilu 1:25 000 površina cesta predimenzionirana, a u mjerilu 1:100 000 površina cesta je šest do deset puta veća od stvarne površine (sl. 7.9.). Budući da se smanjivanjem mjerila ne prikazuju sve ceste, to se pri prijelazu iz mjerila 1:25 000 u mjerilo 1:100 000 površina cesta povećava samo približno dva puta. Površina pod kućama ne povećava se u istom omjeru kao površina cesta pri prijelazu na karte sitnijih mjerila. Razlog je što se na kartama sitnijih mjerila prikazuje sve manje kuća. Na karti mjerila 1:50 000 prikazano je 70% kuća u odnosu na kartu 1:25 000, a na karti mjerila 1:100 000 samo 30%.

Dok na karti mjerila 1:25 000 otpada u prosjeku na ceste 14%, na zgrade 18%, ukupno, dakle, 32%, na karti 1:100 000 ceste zauzimaju 22%, zgrade 25%, što ukupno iznosi 47% (Spiess 1990). Naravno, ti postotci mnogo variraju ovisno o tipu naselja. U prosjeku 68% slobodne površine na karti 1:25 000 smanjeno je na karti 1:100 000 samo na 53%, čime su prethodno postavljeni zahtjevi o čuvanju odnosa izgrađenih i slobodnih površina koliko toliko sačuvani.

Prvi korak u generalizaciji naselja je generalizacija cestovne mreže. Na sl. 7.9.a prikazan je isječak karte St. Gallena u mjerilu 1:25 000. Na sl. 7.9.b i 7.9.c izvršena je generalizacija cestovne mreže za karte mjerila 1:100 000 i 1:200 000. Na podlozi karte 1:25 000, otisnute u sivoj boji, ceste su crtane debelim crnim linijama. Na sl. 7.9.d i 7.9.e ceste su iscrtane dvostrukim linijama. Širine cesta i debljine linija preračunate su iz kartografskog ključa za karte 1:100 000 i 1:200 000 u mjerilo 1:25 000. Unutar tako dobivene cestovne mreže iscrtane su zgrade i ostali objekti.



a) izvornik u 1:25 000



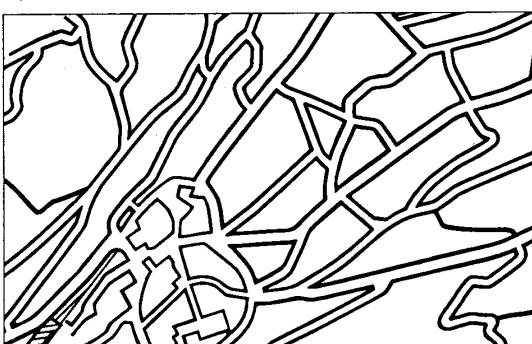
b) izbor cesta za 1:200 000



c) izbor cesta za 1:100 000



d) cestovna mreža za 1:200 000



e) cestovna mreža za 1:100 000



f) generalizirano za 1:200 000



g) generalizirano za 1:100 000

1 : 200 000



1 : 200 000
1 : 100 000

h) smanjeno u originalna mjerila

Sl. 7.9. Postupci u generalizaciji naselja (Spiess 1990)

7.3.5. Značajke prikaza naselja u pojedinim mjerilima

Tipične značajke seoskih i gradskih naselja mogu se prikazati već na karti mjerila 1:5000. Pojedine građevine moguće je diferencirati raznim vrstama šrafura ili boja, najčešće prema namjeni. Uz većinu javnih zgrada upisuje se i njihov naziv.

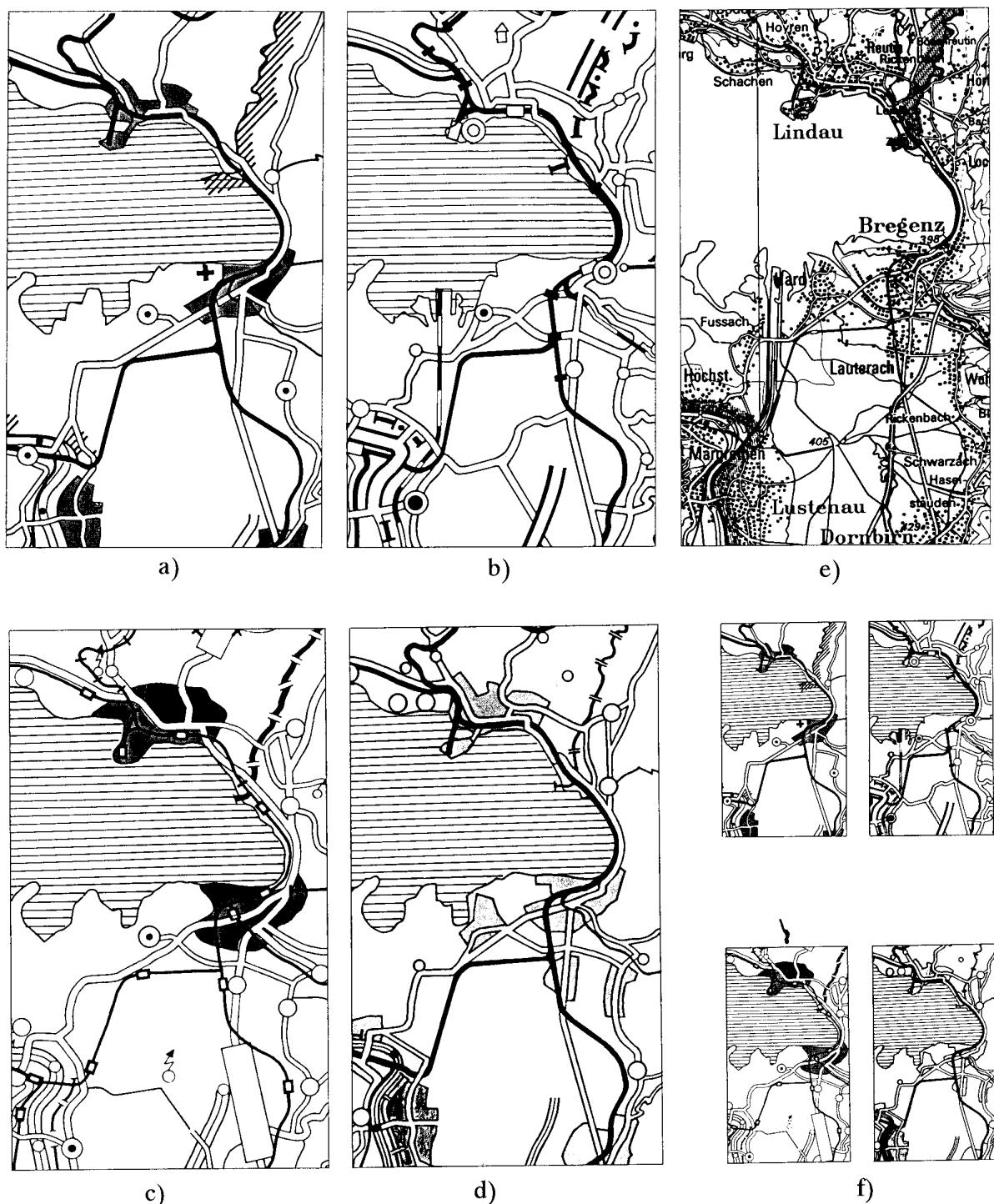
Na karti mjerila 1:25 000 najveći broj zgrada prikazuje se signaturama. Pojedine zgrade se izostavljaju, a one u gradovima zbijene jedna uz drugu prikazuju se znakom za blok. U tom mjerilu moguće je vjerno prikazati strukturu naselja, tj. širine glavnih i sporednih ulica, gustoću izgradnje itd. Glavne zgrade u naselju se naglašavaju da bi mogle poslužiti za orijentaciju. Uz najvažnije objekte moguće je skraćenicama naznačiti njihovu namjenu.

Na karti mjerila 1:50 000 ulice su prikazane linijskim signaturama (povećane), a pojedine sporedne ulice se izostavljaju pa se manji blokovi objedinjuju u veće. Bitno je da osnovna struktura ulica mora biti sačuvana. Veliki broj zgrada se izostavlja, a ostale se prikazuju signaturama. Važno je sačuvati tipične značajke naselja, npr. gustoću izgrađenosti pojedinih dijelova.

U mjerilu 1:100 000 možemo naselja na kartama prikazati još uvijek u mjerilu, tj. prikaz glavnih značajki naselja moguće je unutar konture koja mu u mjerilu karte pripada. Veći broj manjih ulica mora se izostaviti, a u gusto izgrađenim dijelovima naselja izostavlja se više od 50% zgrada.

U generalizaciji prikaza naselja na kartama mjerila 1:200 000 i kartama sitnijih mjerila moramo primijeniti neke oblike generalizacije koji na kartama krupnih mjerila nisu potrebni. To se prije svega odnosi na izostavljanje određenog broja manjih naselja, na karti mjerila 1:200 000 manjih zaselaka pa i sela, a na karti 1:500 000 ili 1:1 000 000 i sela srednje veličine. Bitno je da se izostavljanjem ne naruši gustoća naseljenosti pojedinih područja. Na karti mjerila 1:200 000 još je moguće, pomoću blokova i signatura za zgrade, sačuvati najosnovnije tipične crte seoskih naselja, a nešto više i gradskih. Ako je potrebno površina naselja se povećava. Na karti mjerila 1:300 000 moguće je još prikazati najosnovnije tipične crte gradskih naselja i velikih sela, dok se srednja i mala sela prikazuju kružićima. Na karti 1:500 000 i na kartama sitnijih mjerila moguće je prikazati najosnovnije crte strukture naselja, ali samo za velike gradove. Ostala naselja se prikazuju uglavnom kružićima različitih veličina i načina prikaza (kružić, kružić s točkom, dvije koncentrične kružnice i sl.). Ipak, glavna diferencijacija naselja postiže se raznim veličinama slova imena naselja. Što je mjerilo karte sitnije signature za naselja sve manje opterećuju kartu, ali zato sve veći udio u opterećenju karte imaju imena naselja. Opterećenje karte naseljima u sitnim mjerilima najviše ovisi o veličini slova za imena naselja. Ovisno o veličini slova, mjerilu karte i gustoći naseljenosti često je nužna drastična redukcija naselja (Peterca i dr. 1974).

7.3.6. Generalizacija naselja pri površinskom prikazu



Sl. 7.10. Generalizacija površinskog prikaza za kartu 1:500 000: a)-d) isječci karata 1:500 000 povećani u 1:200 000; e) izvorna karta metodom prikaza zgrada; f) smanjeni prikazi u 1:500 000 (Hufnagel 1978, Spiess 1990)

Na kartama mjerila 1:100 000 i 1:200 000 predočuje svaka kuća na karti sve veći broj kuća u prirodi. Zbog toga je tom metodom sve teže prikazati stvarnu strukturu naselja.

Drugačija je mogućnost prikaz izgrađenih područja površinskom metodom. Müller (1978) predlaže tu metodu već od mjerila 1:50 000. Izgrađena područja omeđena su po kvartovima ili blokovima. Mogu biti dodatno ispresijecana glavnim prometnicama. Bojom se mogu diferencirati i područja različite gustoće izgrađenosti. Ta je metoda problematična za prikaz raštrkanih naselja i vrlo rijetko izgrađenih područja. Postavlja se pitanje da li pojedinačne zgrade izostaviti ili ih prikazati signaturom. Izbor ovisi o namjeni karte. Za karte mjerila sitnijih od mjerila 1:200 000 ne treba primjenjivati signatuру za zgrade.

Prikaz kontura izgrađenih dijelova podlježe, također, određenim pravilima generalizacije:

- građevinske čestice omeđene su odsjećima pravaca, tj. izlomljenom linijom; zaobljene linije treba stoga izbjegavati u prikazu granice naselja,
- dimenzija takvih površina ne bi smjela biti manja od 0,5 mm,
- cesta, željeznička pruga, obalna linija mora i jezera, rijeka itd. mogu ujedno biti i granice naselja; duž tih granica ne treba crtati dvostrukе linije.

Na sl. 7.10.a-c prikazano je isto područje na tri različite karte mjerila 1:500 000 povećano u mjerilo 1:200 000. Hufnagel (1978) se kritički osvrće na te prikaze i izrađuje svoj poboljšani prikaz (sl. 7.10.d). Na sl. 7.10.c granice naselja prikazane su zaobljenim linijama kakve treba izbjegavati. Pogrešna je i primjena signatura za prikaz naselja kad ona pokriva mali dio površine naselja (sl. 7.10.b).

Posljednja mogućnost u generalizaciji naselja je prijelaz na prikaz signaturama, kada površinski prikaz zbog nedostatka prostora zakazuje. Na signature treba prijeći tek onda kada signatura potpuno pokrije površinu naselja.

7.4. Reljef

Prikazivanje reljefa na kartama mnogo je složenije nego prikaz drugih elemenata. Reljef ima tri dimenzije. Prikazom reljefa na karti, dakle u dvije dimenzije, treba stvoriti uvjete na osnovi kojih bi se moglo smatrati da je prikaz u tri dimenzije. Praktično govoreći treba stvoriti mogućnost mjerjenja njegovih dimenzija. Prikaz osim toga treba biti pregledan i ne smije smetati prikazu drugih elemenata sadržaja. Prikaz reljefa treba omogućiti:

- donošenje suda o pravcu pada terena
- određivanje kuta nagiba
- određivanje relativnog nadvišenja pojedinih točaka u odnosu na neke druge točke
- sličnost prikaza prirodnom terenu.

Suvremene metode prikaza reljefa na kartama možemo podijeliti u dvije skupine. U prvoj skupini naglasak je na matematički točnom prikazu, a u drugoj na što zornijem sagledavanju reljefa. U prvu skupinu ubraja se prikaz reljefa izohipsama i hipsometrijskom skalom boja, a u drugu prikaz sjenčanjem.

7.4.1. Izohipse

U prikazu reljefa izohipsama pri prijelazu na karte sitnijih mjerila nužno je promijeniti ekvidistanciju i izvršiti generalizaciju pojedinih izohipsa. Promjena ekvidistancije znači ispuštanje nekih izohipsa. Pri tome se gubi veza između izohipsa koje su preostale. Odlučujući faktor pri generalizaciji je geomorfološki oblik reljefa. Znači za uspješnu generalizaciju potrebno je određeno znanje iz geografije i geomorfologije.

U tablici 7.3. dane su preporučene ekvidistancije za karte različitih mjerila i tri različita oblika reljefa: visoke planine, srednje planine i ravnice uključujući brežuljkasto zemljiste (Imhof 1965).

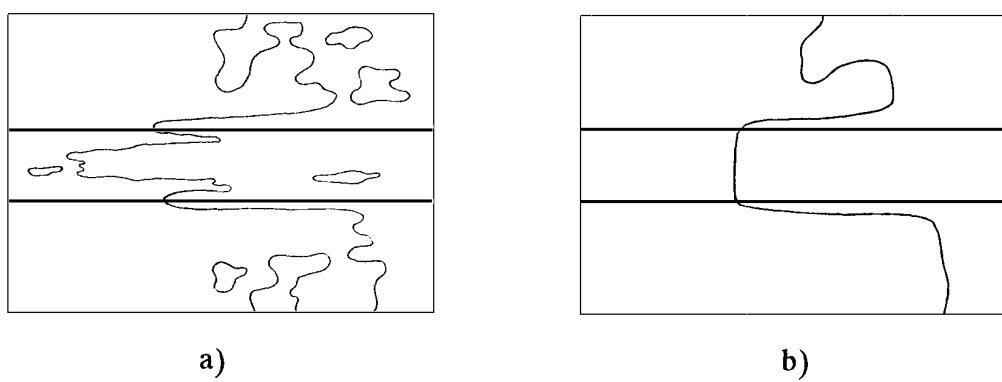
Tablica 7.3. Preporučena ekvidistancija u metrima

Mjerilo	visoke planine	srednje planine	ravnice i brežuljci
1:1000	1	0,5	0,25
1:2000	2	1,0	0,5
1:5000	5	2	1
1:10 000	10	5	2
1:20 000	20	10	2,5
1:25 000	20	10	2,5
1:50 000	30	20	5
1:100 000	50	25	10
1:200 000	100	50	10
1:250 000	100	50	10
1:500 000	200	100	20
1:1 000 000	200	100	20

Razmotrimo značajke generalizacije prikaza reljafa izohipsama na kartama u različitim mjerilima.

Karte u krupnim mjerilima do 1:5000

Na kartama u mjerilima 1:500 do 1:5000 izohipse najčešće nisu tako točno izmjerene i nacrtane kako bi tehnički i grafički to bilo moguće. Na sl. 7.11.a prikazan je dio terena uz cestu. Precizno snimljena izohipsa vijuga zemljištem prikazujući nevažne visinske razlike. Promijene li se visine za nekoliko centimatra, izohipsa će promijeniti tok. Takav prikaz nema opravdanja. Na sl. 7.11.b prikazana je ista izohipsa u mnogo prihvatljivijem obliku, koji zadovoljava sve zahtjeve.

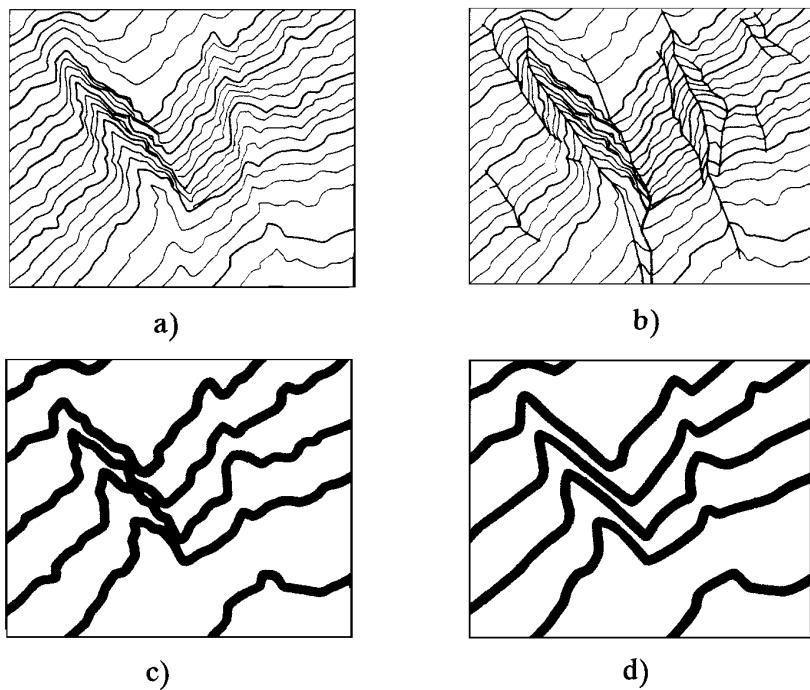


Sl. 7.11. Dio terena uz cestu: a) precizno snimljena izohipsa; b) ista izohipsa prikazana s uobičajenom i dovoljnom točnošću (Imhof 1965)

Karte u mjerilima 1:10 000 do 1:100 000

Na kartama u tim mjerilima snimljenim topografskim stolom nužnu generalizaciju izohipsa obavio je topograf na terenu. Ponekad je nešto drugačije s izohipsama dobivenim fotogrametrijskom izmjerom. Na ponekim mjestima linija je suviše "drhtava" jer prati nevažne detalje na zemljištu. Takve male promjene u toku izohipse koje nemaju odraza na susjedne izohipse mogu se izglatiti. Na sl. 7.12.a prikazana je strma padina u mjerili 1:5000 s ekvidistančiom od 5 m, a na sl. 7.12.b ista karta s ucrtanim prelomnicama. Isto područje s ekvidistančiom 20 m prikazano je na sl. 7.12c. Prikaz je predviđen za mjerilo 1:50 000 pa su i izohipse zadebljane da bi nakon smanjenja u predviđeno mjerilo imale propisanu širinu linije. Tok pojedinih izohipsa preuzet je što je moguće vjernije s karte 1:5000. Stoga taj prikaz nije dovoljno generaliziran za mjerilo 1:50 000. Na sl. 7.12.d prikazan je isti predio generaliziran za mjerilo 1:50 000. Pojedine izohipse su malo izglačane. Mali zavijutci koji nemaju odraza u susjednim izohipsama su izostavljeni, a na pojedinim dijelovima izohipse su malo razmaknute.

Sačuvani su, međutim, svi veći karakteristični oblici s izvornika (sl. 7.12.a).

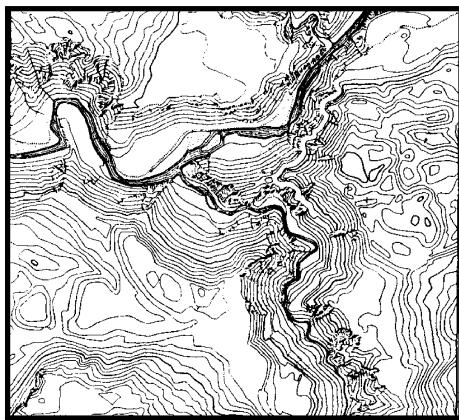


Sl. 7.12. a) strma padina u mjerilu 1:5000, ekvidistancija 5 m; b) ista karta s ucrtanim prelomnicama; c) nedovoljno generalizirano za mjerilo 1:50 000, $e=20$ m; d) dobro generalizirano za mjerilo 1:50 000, $e=20$ m (Imhof 1965)

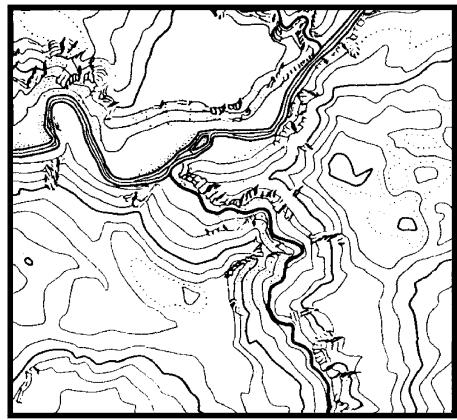
Karte u mjerilima sitnijim od 1:100 000

Karte u mjerilima 1:100 000 i sitnijim mjerilima izrađuju se na osnovi karata krupnijih mjerila. Ekvidistancija je obično veća nego na izvornim kartama. Od npr. pet susjednih izohipsa na izvorniku četiri se izostavljaju. Time su neki sitni detalji reljefa izostavljeni. Preostale izohipse treba najčešće na čitavom listu karte izgладити.

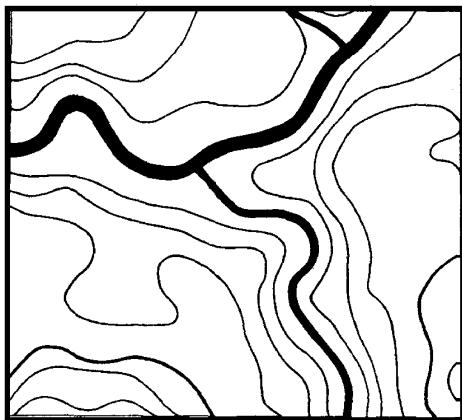
Na sl. 7.13.a prikazano je područje uz rijeku Rajnu u Švicarskoj u mjerilu 1:50 000 s ekvidistancom 20 m. To je izvornik za preostalih pet prikaza na toj slici. Na sl. 7.13.b isto je područje generalizirano za prikaz u mjerilu 1:100 000 uz ekvidistancom 50 m. Tok ponekih izohipsa malo je generaliziran. Loše generalizirani prikaz za kartu mjerila 1:200 000 uz ekvidistancom 100 m dan je na sl. 7.13.c. Pojedine izohipse nepotrebno su zaobljene čime su značajke reljefa s izvorne karte izgubljene. Dobro generalizirani prikaz tog područja za kartu mjerila 1:200 000 dan je na sl. 7.13.d. Na sl. 7.13.e i f dani su prikazi generalizacije za kartu mjerila 1:500 000 uz ekvidistancom 200 m. Prikaz na sl. 7.13.e loše je generaliziran, jer su pojedine izohipse zaobljene što ne odgovara njihovom obliku na izvorniku. Primjer dobre generalizacije za kartu mjerila 1:500 000 dan je na sl. 7.13.f. Iako je prikaz jako pojednostavljen, ipak su neke tipične značajke reljefa sačuvane.



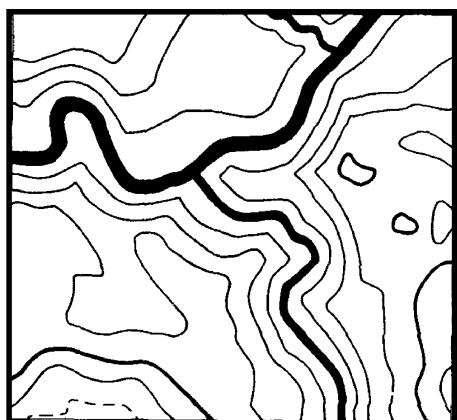
a)



b)



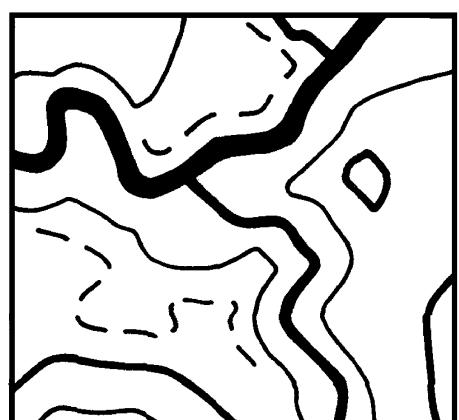
c)



d)



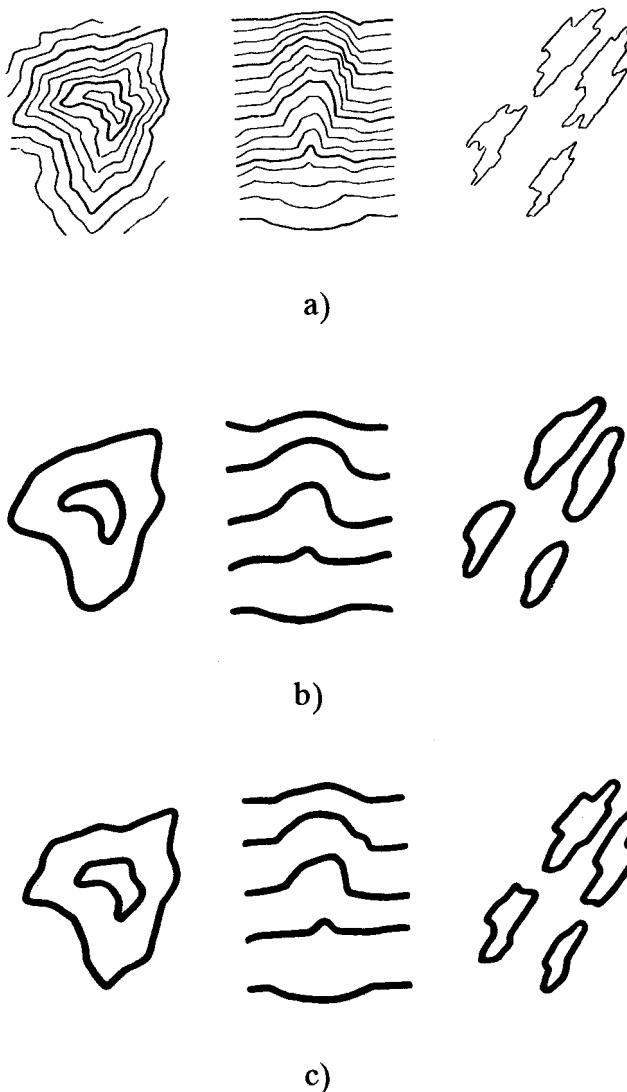
e)



f)

Sl. 7.13. a) 1:50 000; b) generalizirano za 1:100 000; c) loše generalizirano za 1:200 000; d) dobro generalizirano za 1:200 000; e) loše generalizirano za 1:500 000; f) dobro generalizirano za 1:500 000 (Imhof 1965)

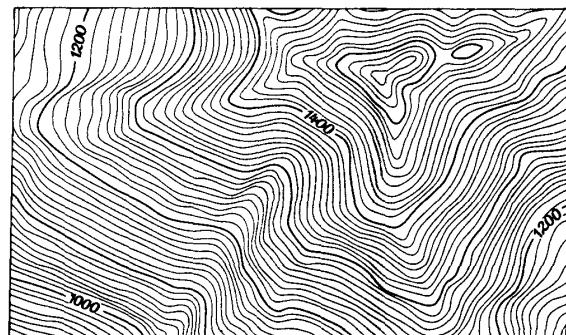
Općenito se može zaključiti: što je mjerilo sitnije izohipse su jače deformirane. Sa smanjenjem mjerila prirodni oblici reljefa zamjenjuju se pojednostavnjenim oblicima s mnogo manje detalja. Ali to ne smije biti povod da se izohipse proizvoljno zaobljuju. Međutim, često se takve izohipse smatraju lijepim i pravilnim. Pa kako ističe Imhof (1965) u mnogim geodetskim i kartografskim udžbenicima dani su gotovo isključivo takvi prikazi reljefa sa zaobljenim izohipsama. Tek su fotogrametrijski izrađene karte mnogima otvorile oči. Ali sad su neki kartografi prešli u drugu krajnost zamjenjujući zaobljene izohipse suviše izlomljenim linijama.



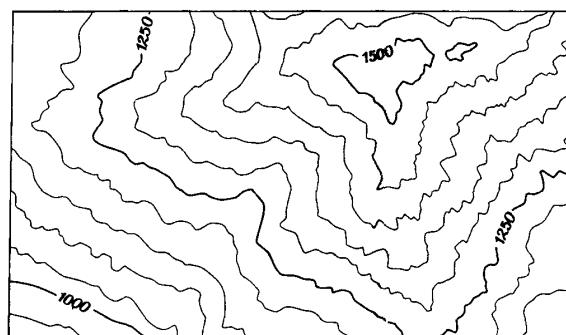
Sl. 7.14. Primjeri generalizacije izohipsa: a) izvornici u mjerilu 1:25 000, $e=25\text{m}$; b) loše generalizirano za mjerilo 1:250 000, $e=100\text{ m}$; c) dobro generalizirano za mjerilo 1:250 000 (Imhof 1965)

Na sl. 7.14.a prikazana su tri različita zemljишna oblika na karti mjerila 1:25 000 uz ekvidistanciju 25 m. To je vrh jednog brda u obliku piramide s oštrim rubovima, kotlina brdskog

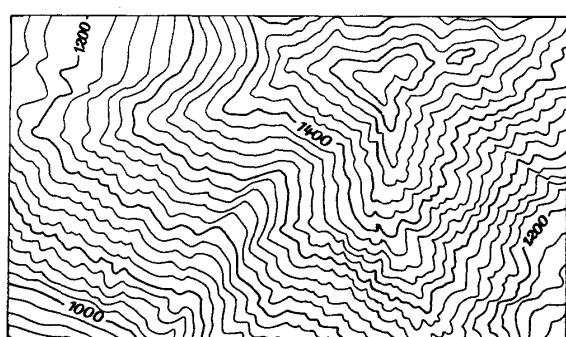
potoka i nekoliko izbočina karakterističnih za krško područje. Primjer loše generalizacije tih oblika za mjerilo 1:250 000 s ekvidistancijom od 100 m prikazan je na sl. 7.14.b. Izohipse su bez ikakva opravdanja zaobljene čime su izgubljeni karakteristični detalji na sva tri zemljšna oblika. Da se određeni karakteristični oblici i pri tako velikom smanjenju i velikom stupnju generalizacije mogu sačuvati pokazuju primjeri na sl. 7.14.c.



a)



b)



c)

Sl. 7.15. Izohipse u mjerilu 1:25 000: a) s obzirom na ekvidistanciju ($e=10$ m) izohipse su suviše izglađene; b) u odnosu na ekvidistanciju ($e=50$ m) izohipse su suviše krivudave; c) krivudavost izohipsa i ekvidistancija ($e=20$ m) dobro su usklađeni (Imhof (1965))

Krivudavost pojedinih izohipsa mora biti u odgovarajućem odnosu prema ekvidistanciji. Kod velike ekvidistancije otpadaju mnogi mali detalji reljefa. Stoga velika ekvidistancija ima u izvjesnom smislu isto djelovanje kao i izmjera manje točnosti ili veći stupanj generalizacije. Mala ekvidistancija ima opravdanje kod sitno raščlanjenog reljefa. Na sl. 7.15.a krivudavost izohipsa vrlo je mala pa je za takvu vrstu reljefa ekvidistancija od 10 m suviše mala. Nasuprot tome velika krivudavost izohipsa na sl. 7.15.b nije u skladu s relativno velikom ekvidistancijom od 50 m. Krivudavost pojedinih izohipsa i ekvidistancija od 20 m dobro su međusobno usklađeni na sl. 7.15.c (Imhof 1965).

7.5 Prometnice

Prometnice se dijele na:

- kopnene (željeznice, ceste, putovi, staze)
- vodene
- zračne
- specijalne (dalekovodi, naftovodi, plinovodi, vodovodi).

Na topografskim kartama se najviše pozornosti poklanja kopnenim prometnicama. Plovnost rijeka i kanala ističe se posebnim znakom. Na jezerima i morima se posebnim linjskim znakom označavaju redovni pravci plovidbe. Zračne linije se ne prikazuju na topografskim kartama.

7.5.1. Kopnene i specijalne prometnice

Pri klasifikaciji željezničkih pruga uzimaju se u obzir dva osnovna činioca: broj kolosjeka (jedan, dva ili više) i širina kolosjeka (normalan, uzak). Željezničke postaje prikazuju se na kartama krupnih mjerila od ulazne do izlazne skretnice, a na kartama sitnijih mjerila signaturom. Na kartama zaključno s mjerilom 1:200 000 važno je prikazati zgradu postaje s one strane pruge na kojoj se ona nalazi u prirodi. Na karti mjerila 1:500 000 postaje se najčešće prikazuju u obliku malog pravokutnika koji je jednako širok kao i linija kojom se prikazuje pruga. Važnost željezničkih pruga je vrlo velika pa se pri prijelazu na karte sitnijih mjerila izostavljaju samo industrijske pruge lokalne važnosti.

Generalizacija pruga sastoji se u grafičkom pojednostavljenju crteža svake pruge, redukciji sitnih okuka. Ako pored pruge prolazi cesta, treba ih generalizirati u međusobnom skladu. Važno je također generalizirati prugu u skladu s postojećim reljefom proširujući po potrebi doline i jasno naznačujući prelaze preko rijeka i cesta (Tjabin 1949).

Klasifikacija cesta zasniva se na:

- njihovoj važnosti (državne, županijske, lokalne)
- vrsti kolnika (asfalt, beton, makadam)

- tehničkim značajkama (podloga, kolnik i stalni objekti, polumjeri zakrivljenosti, križanja u razini ili ne).

Kolni putovi dijele se na:

- a) bolji kolni put - ima prirodnu podlogu, a kolnik se održava nasipanjem tucanika; za promet automobilima upotrebljiv samo u suho vrijeme;
- b) običan kolni put - upotrebljiv je za promet automobilima samo izuzetno u suho vrijeme.

Staze se dijele na konjske staze, pješačke staze i mjestimično neuočljive pješačke staze.

Generalizacija cesta, putova i staza ostvaruje se:

- izborom cesta, putova i staza koje će biti prikazane na karti
- redukcijom i pojednostavljenjem sitnih okuka i
- naglašavanjem karakterističnih detalja.

Znak kojim se ceste prikazuju na kartama mnogo je širi od prikaza u mjerilu karte. Npr. cesta široka 7 m na karti mjerila 1:100 000 bila bi tanja od 0,1 mm. Proširenje cesta na kartama skopčano je s dva nedostatka:

- nemogućnost prikaza manjih zavijutaka
- pomicanje objekata uz ceste.

To prirodno smanjuje točnost karte. Da bi se greške koje zbog toga nastaju donekle smanjile, obično se prave autoceste (s dvije trake) prikazuju kroz naselja u obliku ulica.

Na karti mjerila 1:5000 prikazuju se sve prometnice u mjerilu karte sa svim objektima (nasipima, usjecima, propustima itd.).

Na karti mjerila 1:25 000 prikazuju se već željezničke pruge i ceste signaturama. Izostavljaju se samo beznačajne staze lokalnog karaktera. Izostavljaju se također manji propusti i drugi manje važni objekti. Na karti se prikazuju sve željezničke pruge, žičare, dalekovodi itd.

Na karti 1:100 000 izostavljaju se gotovo sve pješačke staze, veliki broj konjskih staza i nešto manji broj kolnih putova. Prikazuju se svi kolni putovi koji su stalno ili povremeno sposobni za promet motornim vozilima. Prikazuju se sve željezničke pruge, važniji dalekovodi i žičare dulje od 1 km.

Na karti mjerila 1:200 000 posebna se pozornost obraća prikazu svih autocesta. Od kolnih putova izabiru se samo oni koji povezuju naselja prikazana na karti. U predjelima s gustom prometnom mrežom izostavljanje kolnih putova je znatno. Mostovi se prikazuju samo preko srednjih i velikih rijeka. Tuneli, galerije i slični objekti prikazuju se ako su dugi 0,5 km ili dulji. Nasipi i usjeci se ne prikazuju. Željezničke pruge prikazuju se sve osim krakova industrijskih pruga kraćih od 1 km. Ne prikazuju se dalekovodi i žičare kraći od 2 km ni naftovodi kraći od 4 km.

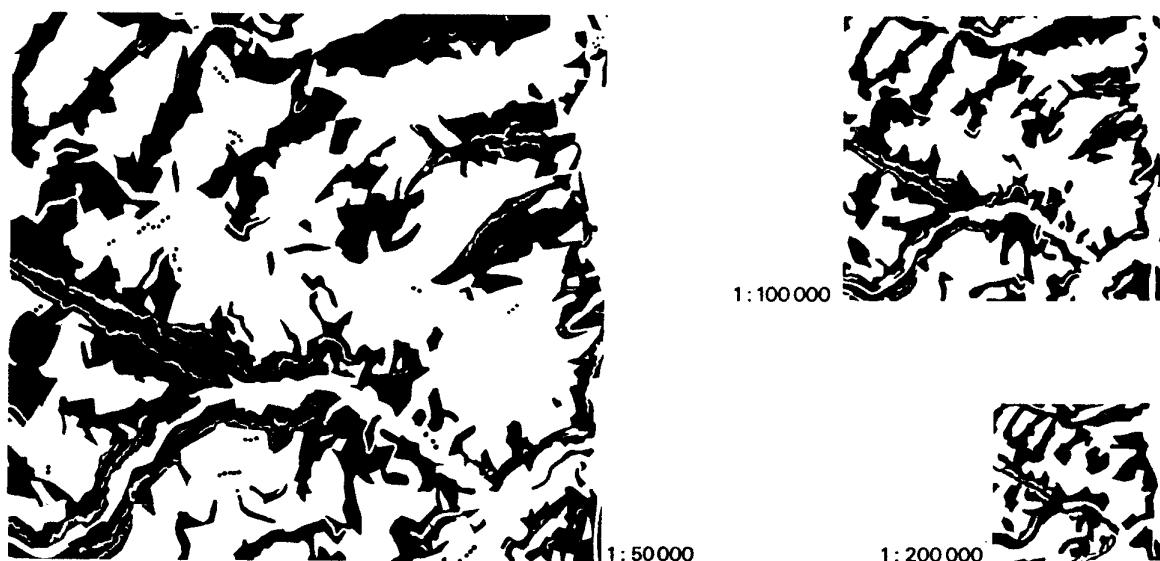
Na karti mjerila 1:500 000 još se daju sve željezničke pruge, osim napuštenih. Prikazuju se i sve autoceste ukoliko se mogu prikazati s obzirom na mjerilo karte. U predjelima s rijetkom prometnom mrežom prikazuju se najvažniji kolni putovi. Od objekata prikazuju se glavne željezničke postaje i mostovi preko velikih rijeka (Peterca i dr. 1974).

Na kartama sitnih mjerila počevši od mjerila 1:500 000 treba sačuvati tzv. *neprekidnost* autocesta, što znači da znak za naselje (kružić) treba staviti uz cestu. Jedino naselja na križanjima moraju sačuvati svoj prirodni položaj. Nazivi ne smiju presijecati znak za cestu.

7.6. Vegetacija

Vegetacija ili raslinstvo jest biljni pokrov ili plašt Zemlje. Prirodni i trajni biljni pokrov čine šume i travnjaci, kultivirani trajni biljni pokrov čine vinogradi i voćnjaci, dok promjenjivi biljni pokrov čine ratarske kulture (Lovrić 1988).

Šume su jedan od najstarijih elemenata na kartama. Nalaze se i na antičkim kartama. Imaju vojnu i privrednu važnost. Važna je njihova gustoća, starost i zaraslost žbunjem. Na kartama zaključno s mjerilom 1:100 000 šume se prikazuju detaljno i s naznakom vrste prema kartografskom ključu. Na sl. 7.16. dan je prikaz šumskog pokrivača na kartama u tri različita mjerila (Schweizerische Gesellschaft für Kartographie 1975).



Sl. 7.16. Šumski pokrivač na kartama u tri različita mjerila

Na karti mjerila 1:25 000 generaliziraju se konture vegetacije slobodnije nego konture ostalih objekata. Dozvoljava se spajanje dviju ili više kontura u jednu, a izostavljanje manjih da bi se sačuvao odnos pokrivenе i nepokrivenе površine određenom vrstom vegetacije.

Na karti mjerila 1:100 000 pojednostavljenje kontura pojedinih parcela još je veće. Pašnjaci se prikazuju ako su im površine 1 km² ili veće.

Na topografskim kartama mjerila 1:200 000 do 1:500 000 prikazuju se samo šume, rizina polja i pašnjaci (Peterca i dr. 1974).

Na kartama u mjerilu 1:1 000 000 i sitnijim mjerilima vegetacija se u pravilu ne prikazuje jer to uz prikaz reljefa hipsometrijskom skalom boja nije moguće na zadovoljavajući način.

7.7. Imena na karti

I imena na karti podliježu generalizaciji. Smanjenjem mjerila smanjuje se raspoloživi prostor pa treba izvršiti izbor imena koja se na karti danog mjerila mogu prikazati. Međutim, smanjenje imena u postotcima nije proporcionalno smanjenju površine pri prijelazu na karte sitnijih mjerila (tablica 7.4., Tjabin 1949).

Tablica 7.4. Broj imena na jedinicu površine terena

Mjerilo	Površina u %	Broj naziva u %
1:25 000	100	100
1:50 000	25	70
1:100 000	6,25	53
1:200 000	1,56	10
1:500 000	0,25	6

Kao što se iz podataka u tablici 7.4. vidi broj imena se pri prijelazu na karte sitnijih mjerila smanjuje znatno sporije nego površina određenog dijela krajolika. To je moguće ostvariti smanjenjem prosječne veličine slova na kartama sitnijih mjerila. Budući da se karte krupnih mjerila mnogo češće upotrebljavaju na terenu od karata sitnijih mjerila, to i imena na njima moraju biti ispisana većim slovima jer se te karte često čitaju u nepovoljnim uvjetima. Tjabin (1949) je mjerio visinu slova na kartama različitih mjerila i izračunao srednje vrijednosti. Dobivene vrijednosti dane su u tablici 7.5.

Osim mjerila i sadržaj karte i njena namjena bitni su za broj imena na karti. Sadržaj karte određuje izbor onih objekata čija imena moraju biti stavljena na kartu. Npr. na autokarti bitna su imena naselja uz ceste, dok se imena naselja udaljenih od cesta daju u smanjenom broju. Nasuprot tome na administrativno-političkoj karti naselja imaju prvenstvenu važnost bez obzira na njihov položaj u prirodi.

Tablica 7.5. Srednja visina slova

Mjerilo	Visina slova u mm
1:25 000	3,57
1:50 000	2,78
1:100 000	1,54

Zavisnost između namjene karte i broja imena lako se vidi na primjeru školskih karata. Npr. zidna školska karta Europe u mjerilu 1:3 000 000 sadrži otprilike isti broj imena kao i kabinetska karta Europe u mjerilu 1:12 000 000. Prva od tih karata predviđena je za rad u učionici i imena na toj karti moraju biti takvih dimenzija da se učeniku koji stoji kraj karte omogući brzo nalaženje potrebnih imena. Na kabinetskoj karti slova mogu biti sitnija, pa se na kartu može smjestiti više imena.

Razmotrimo ukratko utjecaj mjerila na generalizaciju imena na karti. Karta mjerila 1:5000 ima dovoljno prostora da primi sva geografska imena koja postoje na terenu uključujući imena ulica i skraćenice za pojedine objekte (javne zgrade, tvornice i sl.).

Na karti mjerila 1:25 000 nema dovoljno prostora da se smjeste imena svih rudina već se stavljuju samo najpoznatija imena.

Na karti mjerila 1:100 000 već se moraju izostaviti i imena pojedinih zaselaka, a u većem broju i imena manjih predjela.

Na kartama mjerila 1:200 000 i 1:300 000 izostavlja se veći broj imena zaselaka i predjela, ali karte oba ta mjerila sadrže još imena svih sela.

Na karti mjerila 1:500 000 izostavlja se veći broj imena manjih sela. Generalizacija se sastoji i u smanjenju broja klasa u koje se svrstavaju naselja (Peterca i dr. 1974).

U generalizaciji imena na karti uočljiv je prividan paradoks. Na kartama sitnijih mjerila pojavljuju se imena kojih nema na kartama krupnijih mjerila. Npr. ime neke planine pojavit će se na listu karte na kojem se ta planina pruža cijela ili većim svojim dijelom. Na listovima karata krupnijih mjerila koji obuhvaćaju samo mali dio planine umjesto imena cijele planine nalaze se imena njenih pojedinačnih vrhova, prevoja, predjela i sl. Na karti sitnijeg mjerila mnoga ta pojedinačna imena zamjenjuje ime cijele planine. To je uobičajeni postupak generalizacije u kojem se više manjih dijelova objedinjuje u veću cjelinu.

8. KOMPJUTORSKI PODRŽANA GENERALIZACIJA

8.1. Uvod

Druga polovica 20. stoljeća obilježena je automatizacijom. Polazeći od tehničkih saznanja i razvoja procesi automatizacije utječu na mnoga područja ljudske djelatnosti. Automatizacija znači racionalizaciju, normiranje, pojednostavljenje ali i potiskivanje ljudske individualnosti na račun strojne uniformiranosti. Automatizacija je povezana s mnogim promjenama u životu ljudi. Za neke je to novo, zanimljivo područje rada ili čak poslovne egzistencije i prosperiteta. Za druge to je ugrožavanje postojećih životnih navika i načina rada pa i privredne egzistencije. Automatizaciju danas nije moguće izbjegći. Pitanje je kako ju iskoristiti.

I u kartografiji automatizacija izaziva u posljednjih trideset godina brojne promjene. Dok su se automatski izrađene karte u ranim fazama mogle bez kolebanja odbaciti kao nekvalitetni proizvodi, danas su takve karte u svakom pogledu usporedive s ručno izrađenim kartama pa i bolje od njih.

Drugacije, međutim, stoji s generalizacijom. Kod tog vrlo zahtjevnog procesa pitanje je da li i kako primijeniti računalo. Kompjutorski podržana generalizacija je tema o kojoj se mišljenja razilaze. Kritičari automatizacije iznose ove argumente (Brassel 1990):

- Generalizacija je gotovo umjetnički ručni rad koji se može naučiti samo dugogodišnjim učenjem i praksom.
- Generalizacija prepostavlja produbljeni studij različitih elemenata područja koje se prikazuje. Radi se o obuhvaćanju i prikazivanju cjelina pri čemu treba uzeti u obzir mnoge čimbenike. Automatizacija složenih procesa mišljenja nije moguća.
- O procesima generalizacije suviše se malo zna. Ti su procesi subjektivni i teško ih je definirati. Raščlanjivanje procesa u jasno shvatljive korake je osnovna prepostavka automatizacije. To kod složenih procesa nije moguće.
- Generalizacija je najinteresantniji kartografski posao jer zahtijeva intuiciju kartografa. Automatizacija ugrožava egzistenciju tog zvanja.

Nasuprot takvim kritičarima automatizacije stoje stručnjaci koji vjeruju da problemi generalizacije nisu teški i da se mogu tehnički riješiti. Takvim predstavnicima naivnog optimizma često nedostaje odgovarajuće razumijevanje kartografskog modeliranja i komunikacije (Brassel 1990).

Procesi generalizacije ne daju se automatizirati jeftinim trikovima. Ne mogu se očekivati brza rješenja. Također treba biti jasno da se ljudska kreativnost ne može zamijeniti strojevima. Stoga potpuna automatizacija kartografske generalizacije teško da je uopće moguća. Ali analiza procesa generalizacije je intelektualni izazov i vrlo interesantan predmet znanstvenih istraživanja.

8.2. Cilj istraživanja

Pretpostavimo da prostorne informacije o Zemljinoj površini prikupimo detaljnom izmjerom i pohranimo u odgovarajuću bazu podataka. Zadatak kompjutorski podržane generalizacije sastojao bi se tada u tome da se iz te baze podataka izvode karte različitih mjerila. Ako bi se ti procesi odvijali potpuno automatski, moglo bi se govoriti o automatskoj generalizaciji. Mnogi kartografi pa i Brassel (1990) smatraju da to danas nije moguće pa je prikladnije govoriti o kompjutorski podržanoj generalizaciji.

Pokazalo se da je najprikladnije rješenje da se kompjutorskim programima izvrši generalizacija pa kartograf ocjenjuje dobiveni rezultat i poboljšava ga modifikacijom odgovarajućih parametara i iterativnim postupcima.

Cilj istraživanja bio bi razviti algoritme koji bi davali što je moguće bolje rezultate tako da se intervencije kartografa učine minimalnim ili u specijalnim slučajevima suvišnim.

8.3. Modeliranje procesa generalizacije

U modeliranju procesa generalizacije polazi se od okvirnih (rubnih) uvjeta kao što su namjena karte, mjerilo, osnovna grafička pravila i polazna datoteka. U prvom koraku treba prepoznati osnovne strukture. Radi se o identifikaciji objekata ili skupa objekata, njihovim prostornim vezama i njihovoj važnosti. Nakon analize strukture informacija u polaznoj datoteci, treba definirati procese generalizacije. Uvažavajući okvirne uvjete treba odrediti procese obrade da bi se dobila ciljna datoteka. Nakon određivanja potrebnih procesa treba ih modelirati. Pri tome se iz odgovarajućih biblioteka sastavljuju pravila i procedure. Te procedure čine korake generalizacije kojima se podvrgavaju podaci polazne datoteke. Rezultat je konačna datoteka koju se može prikazati u obliku nove karte.

Prikazana koncepcija uključuje, dakle, pet koraka:

- a) prepoznavanje struktura
- b) prepoznavanje procesa
- c) modeliranje procesa
- d) izvođenje procesa
- e) prikaz.

U prva dva koraka radi se o procesima intelektualnog odlučivanja. Automatizacija takvih procesa izuzetno je složena i teška. Modeliranje procesa prepostavlja postojanje velike biblioteke različitih procedura i znanja o područjima primjene. Izvođenje procesa i prikaz manje su zahtjevni procesi.

Ono što najviše nedostaje za uspješno izvođenje kompjutorski podržane generalizacije je analiza procesa generalizacije naznačenih u koracima a), b) i c).

8.4. Primjeri kompjutorski podržane generalizacije

8.4.1. Komjutorski podržana generalizacija linijskih elemenata karte

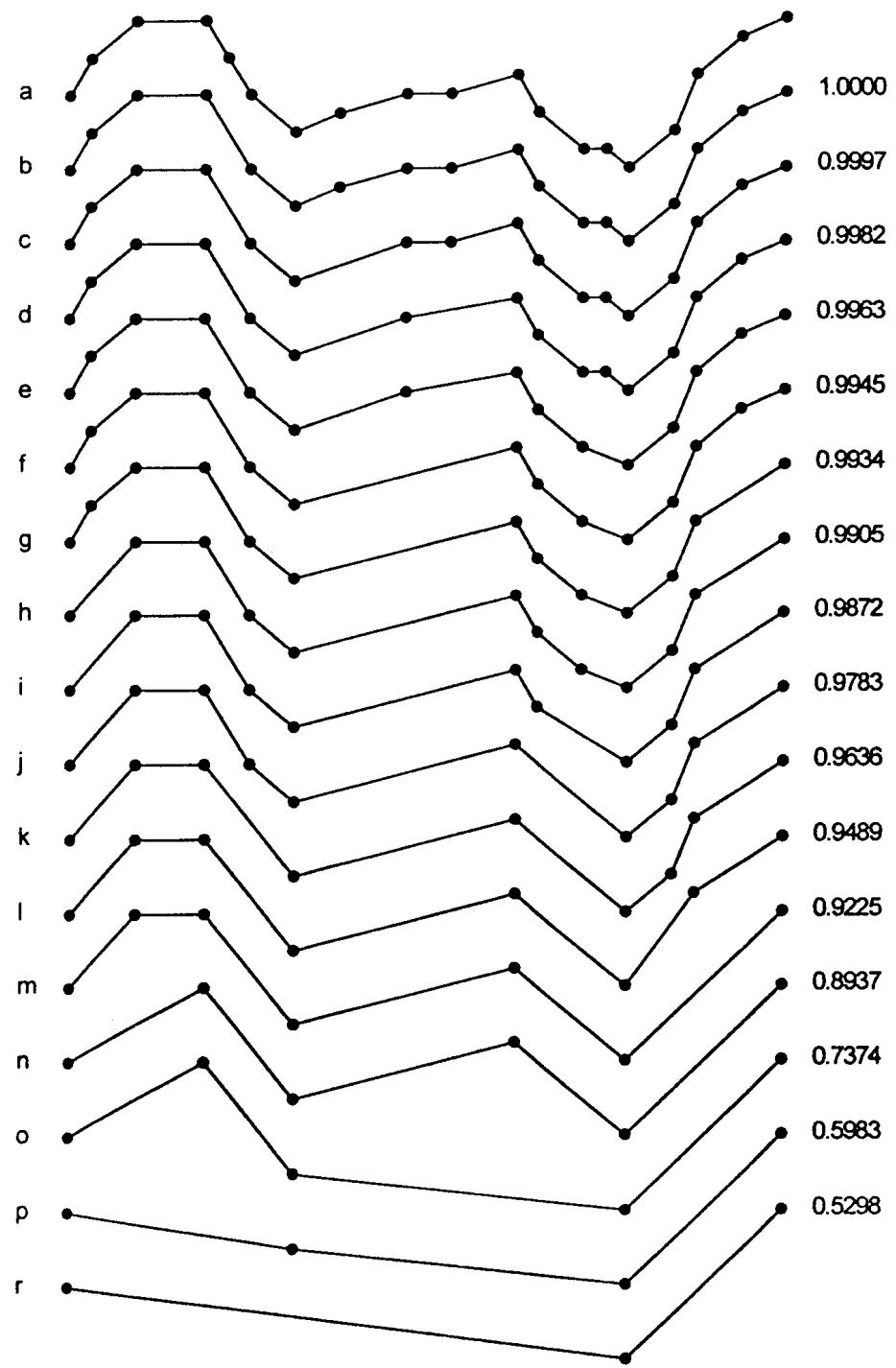
Kompjutorski podržanom generalizacijom linijskih elemenata karte kartografi se bave preko trideset godina i predložili su brojna rješenja. U § 3.2.4. dani su primjeri kompjutorski podržane generalizacije linijskih elemenata karte koje su izradili autor ovih skriptata i njegovi suradnici.

U nastavku tih istraživanja asistentica u Zavodu za kartografiju Geodetskog fakulteta Nada Vučetić predložila je u svom magistarskom radu (Vučetić 1996) metodu generalizacije linija zasnovanu na koeficijentu linearne korelacije. Analizirajući do sada razrađene algoritme za generalizaciju linijskih elemenata uočila je da u te algoritme nisu eksplicitno ugrađeni uvjeti da generalizirana linija bude slična polaznoj, tj. da ostavlja na promatrača sličan vizualni dojam kao polazna. Za mjeru sličnosti predložila je koeficijent linearne korelacije. Razradila je algoritam u kojem tražimo onu točku linije čije izbacivanje najmanje utječe na sličnost oblika. Dakle, koeficijent korelacije između izvorne linije i linije reducirane za jednu točku treba biti maksimalan. Pronađenu točku izbacimo. Među preostalim točkama tražimo opet onu čije izbacivanje mijenja koeficijent korelacije i izbacujemo tu točku. Postupak se ponavlja sve dok ne bude zadovoljen unaprijed postavljeni kriterij za završetak postupka. Takav kriterij mogao bi biti prag sličnosti, tj. granični maksimalni koeficijent korelacije ispod kojeg se ne želi ići ili broj točaka koje bi trebalo izbaciti.

Predloženu metodu autorica je isprobala na jednom sintetičkom primjeru (sl. 8.1.). Na slici je najprije prikazana izvorna linija (a), a nakon toga rezultat svakog pojedinačnog koraka. Dakle, slijedi prikaz situacije nakon izbacivanja jedne točke (b), zatim nakon izbacivanja ukupno dvije točke (c), itd. Pored svake krivulje otisnut je i pripadni kvadriran koeficijent linearne korelacije između izvorne linije i njenog generaliziranog prikaza. Kvadrati su izabrani iz posve praktičnih razloga - potrebno je manje decimalnih mjesta za razlikovanje pojedinačnih vrijednosti. Vidi se da u početku koeficijent korelacije opada u malim koracima. Sve do redukcije linije na sedam karakterističnih točaka (m) vrijednost njegovog kvadrata ostaje iznad 0,9. Nakon toga, kvadrat koeficijenta linearne korelacije opada ispod 0,9 i sve brže se smanjuje. Isto se događa i s vizualnom sličnošću.

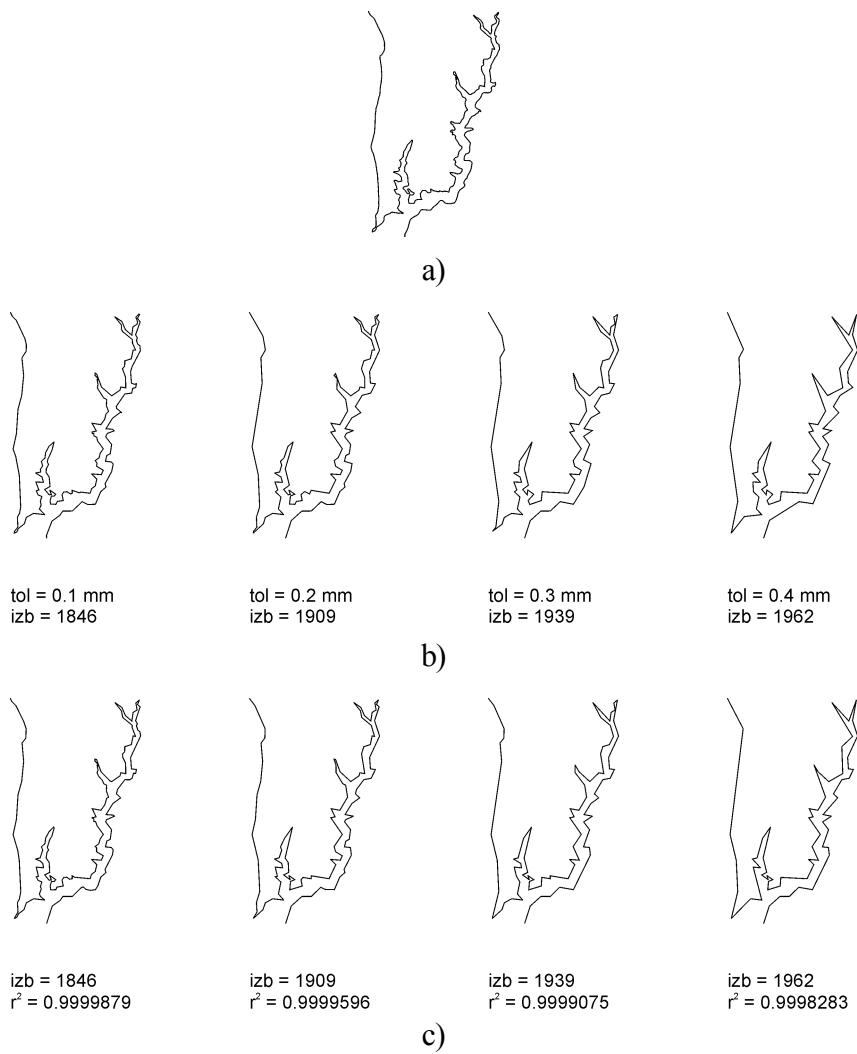
Na temelju provedenog istraživanja N. Vučetić (1996) zaključuje da bi imalo smisla pokušati razraditi postupke generalizacije linijskih elemenata koji bi se za smanjenje informacijskog sadržaja koristili kombinacijom dva kriterija:

- metričkog (uobičajenog u literaturi), koji se brine da generalizirana linija ne odstupi previše (u metričkom smislu) od izvorne, dakle koji osigurava željenu točnost prikaza i
- sličnosti formi, koji se brine da vizualni dojam koji ostavlja generalizirana linija ne odstupi previše od dojma koji ostavlja izvorna.



Sl. 8.1. Generalizacija linije pomoću koeficijenta linearne korelacije (Vučetić 1996)

Tu je ideju autorica ostvarila u svojoj doktorskoj disertaciji razradivši postupak pojednostavnjivanja linija na temelju maksimalne sličnosti. Pritom je i riješila problem samosjećenja linija i kolizija s drugim objektima, koji se javlja kako kod svih algoritama koji se mogu naći u literaturi, tako i kod postupka predloženog u njezinoj disertaciji. Na sl. 8.2 napravljena je usporedba predloženog algoritma s danas najraširenijim Douglas-Peuckerovim algoritmom za pojednostavnjivanje linija.



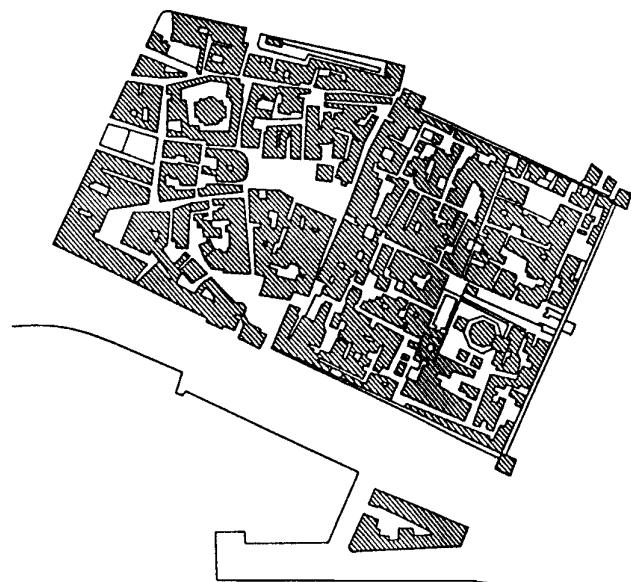
Sl. 8.2. Obalna linija Greenwood Creeka u mjerilu 1: 66 666: a) smanjeni izvorni prikaz, b) prikaz pojednostavljen Douglas-Peuckerovim algoritmom, c) prikaz pojednostavljen metodom maksimalne sličnosti (Vučetić 2001)

Usporede li se prikazi na sl. 8.2b i sl. 8.2c, može se kazati da su prikazi linija pojednostavljeni i po jednom i po drugom algoritmu za izbačenih 1846 točaka gotovo identični. Isto vrijedi i za liniju s 1909 izbačenih točaka, dok se kod linije s 1939 izbačenih i kod linije s

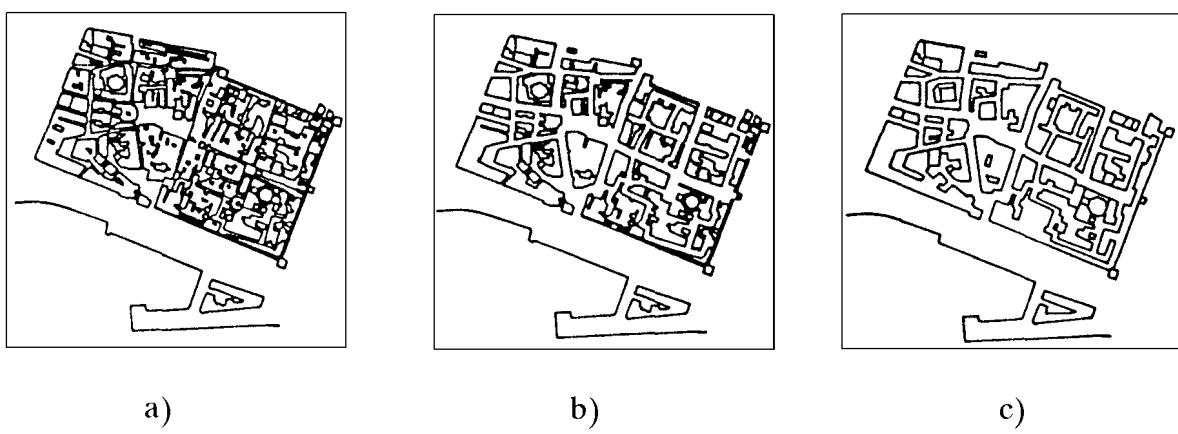
1962 izbačene od ukupno 2028 točaka uočavaju razlike. Kod prikaza dobivenih Douglas-Peuckerovim algoritmom izostaju neke karakteristične linije (Vučetić 2001).

8.4.2. Generalizacija prikaza naselja pomoću programskog paketa PC ARC/INFO

U okviru jednog diplomskog rada (Savin 1992) ispitivano je u kojoj je mjeri moguće pomoću programskog paketa PC ARC/INFO generalizirati prikaz naselja. U tu svrhu digitalizirana je gradska jezgra Splita s Hrvatske osnovne karte u mjerilu 1:5000 (sl. 8.3.). Generalizirati treba za prikaz u mjerilu 1:10 000.



Sl. 8.3. Gradska jezgra Splita u mjerilu 1:5000



Sl. 8.4. Prikazi u mjerilu 1:10 000: a) izvorni prikaz; b) prikaz dobiven pomoći naredbi PC ARC/INFO-a; c) interaktivno dorađeni prikaz

Postupak generalizacije obavljen je u nekoliko koraka. Dodatno digitalizirane su osi ulica i pomoću naredbe BUFFER proširene u glavne i sporedne ulice. S naredbama ERASECOV i CLIP izbrisani je dio prikaza unutar proširenih ulica. Svi poligoni površine manje od 1 mm² u mjerilu 1:10 000 uklonjeni su pomoću naredbe ELIMINATE. Naredbom DISOLVE sažeti su svi bliski susjedni istovrsni poligoni (npr. dvorišta). Uz još neke međukorake dobiven je tako prikaz na sl. 8.4.b. Konačni prikaz na sl. 8.4.c dobiven je interaktivnom doradom u modulu ARCEDIT.

9. LITERATURA

- Anić, V. (1994): Rječnik hrvatskoga jezika. Novi Liber, Zagreb.
- Bočarov, M. K., Nikolaev, S. A. (1957): Matematiko-statističeskie metody v kartografii. Geodezizdat, Moskva.
- Borčić, B., Kreiziger, I., Lovrić, P., Frančula, N. (1977): Višejezični kartografski rječnik. Zbornik radova - Publikacija br. 15, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Brassel, K. (1990): Computergestützte Generalisierung. U: Kartographisches Generalisieren, Publikationsreihe, Nummer 10, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, 37-48.
- Čipčić, T. (1991): Primjena programskog paketa AutoCAD u kartografiji. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Frančula, N. (1973): Matematička osnova i numerički postupci u izradi karata SR Hrvatske mjerila 1:1 000 000. Zbornik radova savjetovanja Kartografija u prostornom planiranju, Ljubljana, A4/1-9.
- Frančula, N., Gracin, L., Lapaine, M., Zdenković, M. (1981): Prilog automatskoj generalizaciji linijskih kartografskih elemenata. Geodetski list 1, 15-27.
- Gottschalk, H. J. (1971): Versuche zu Definitionen des Informationsgehaltes gekrümter kartographischer Linienelemente und zur Generalisierung. DGK, Reihe B, Heft 189.
- Hake, G., Grünreich, D. (1994): Kartographie. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Hašek, A. (1965): Vyber sidel a jeho problemy. Geodeticky a kartograficky obzor 6, 149-158.
- Hufnagel, H. (1978): Zum Problem der Siedlungsdarstellung in 1:500 000. Kartographische Nachrichten 5, 165-172.
- Imhof, E. (1965): Kartographische Geländedarstellung. Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- Imhof, E. (1968): Gelände und Karte. Eugen Rentsch Verlag, Erlenbach-Zürich und Stuttgart.
- Imhof, E. (1972): Thematische Kartographie. Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Ivanov, V. V. (1965): O nekotorih vozmožnostjah avtomatizacii topografičeskikh kart. Geodezija i kartografija 1, 62-66.
- Kekić, M. (2002): Generalizacija mreže vodotoka za prikaz u mjerilu 1:2 000 000. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Klaić, B.: (1978): Rječnik stranih riječi. Nakladni zavod MH, Zagreb.
- Kraak, M. J., Ormeling, F. J. (1996): Cartography: Visualization of spatial data. Longman.
- Kuster, R. (1990): Versuch einer Flächenhaften Siedlungsdarstellung für die Landeskarte 1:100 000. Kartographisches Generalisierung, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, Kartographische Publikationsreihe, Nummer 10, 71-78.
- Lang, T. (1969): Rules for robot draughtsmen. Geographical Magazin 1, 50-51.
- Latinović, N. (2003): Izrada tematskih karata Republike Hrvatske programskim paketom MapViewer. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Lengfeld, K. (1966): Auswahl und Herstellung von Rasterfolien für die Anwendung der

- verkürzten Farbskala in der Kartographie. *Vermessungstechnik* 5, 179-181; 6, 207-211.
- Lovrić, P. (1976): *Oblici i sredstva kartografskog izražavanja*. Geodetski fakultet, Zagreb.
- Lovrić, P. (1988): *Opća kartografija*. SNL, Zagreb.
- Müller, H. H. (1978): Gedanken zum Siedlungsbild in amtlichen topographischen Kartenwerken. *Kartographische Nachrichten* 3, 86-89.
- Peterca, M., Radošević, N., Milisavljević, S., Racetin, F. (1974): *Kartografija*. Vojnogeografski institut, Beograd.
- Pillewizer, W., Töpfer, F. (1964): Das Auswahlgesetz, ein Mittel zur kartographischen Generalisierung. *Kartographische Nachrichten* 4, 117-121.
- Poslončec, V. (1992): *Sređivanje datoteke koordinata točaka teritorijalnih jedinica Republike Hrvatske*. Seminarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Radetić, T. (1992): *Datoteka koordinata točaka teritorijalnih jedinica Republike Hrvatske*. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Rukavina, D. (1992): *Obnavljanje datoteke teritorijalnih jedinica Hrvatske*. Seminarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Salistschew, K. A. (1967): *Einführung in die Kartographie*. Haack, Gotha.
- Savin, M. (1992): Kompjutorski podržana kartografska generalizacija. Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (1975): *Kartographische Generalisierung, Topographische Karten*.
- Spiess, E. (1990): *Siedlungsgeneralisierung*. Kartographisches Generalisieren, Schweizerische Gesellschaft für Kartographie, Kartographische Publikationsreihe, Nummer 10, 49-55.
- Šegota, T. (1982): *Geografija južne Evrope*. Školska knjiga, Zagreb.
- Tjabin, R. (1949): *Opšta i praktična kartografija*. Glavna geodetska uprava pri vradi FNRJ, Beograd.
- Töpfer, F. (1967): Die Ausnutzung des Wurzelgesetzes bei der Darstellung und Generalisierung von Wasserläufen. *Petermanns Geographischen Mitteilungen* 3, 242-254.
- Töpfer, F. (1968a): Bestimung landschaftsgebundener Mindestlängen für die kartographische Darstellung der Flüsse. *Vermessungstechnik* 2, 59-65.
- Töpfer, F. (1968b): Zur Exponentialverteilung der Flußnetze. *Vermessungstechnik* 3, 101-105.
- Töpfer, F. (1974): *Kartographische Generalisierung*. Haack, Gotha.
- Vučetić, N. (1996): Generalizacija linijskih elemenata karte. Magistarski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Vučetić, N. (2001): Generalizacija linijskih elemenata karte po kriteriju maksimalne sličnosti. Doktorska disertacija, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Weymar, H. (1959): Gesetzmäßiges Generalisierung. *Vermessungstechnik* 6, 222-223.

10. SADRŽAJ

PREDGOVOR	1
1. UVOD	3
2. ČIMBENICI KOJI UTJEĆU NA GENERALIZACIJU	6
2.1. Mjerilo karte.....	6
2.2. Minimalne veličine	6
2.3. Značajke krajolika.....	7
2.4. Namjena karte	8
3. POSTUPCI GENERALIZACIJE	9
3.1. Izbor	9
3.1.1. Izbor prema minimalnim veličinama.....	10
3.1.2. Izbor na osnovi broja objekata.....	10
3.1.3. Izbor prema važnosti objekata	16
3.2. Pojednostavnjivanje	16
3.2.1. Pojednostavnjivanje prema minimalnim veličinama	16
3.2.2. Izglađivanje linija na principu opće aritmetičke sredine.....	18
3.2.3. Pojednostavnjivanje prema zakonu korjena	19
3.2.4. Kompjutorski programi	21
3.3. Sažimanje	28
3.4. Povećavanje.....	30
3.5. Pomicanje	31
3.6. Pretvorba metode prikaza	31
4. OPTEREĆENJE KARTE	32
4.1. Numeričko opterećenje	32
4.2. Grafičko opterećenje karte	34
4.2.1. Opterećenje crnom bojom.....	34
4.2.2. Opterećenje crnom bojom i prostor slobodnog postavljanja signature	34
4.2.3. Radno opterećenje.....	35
4.2.4. Određivanje grafičkog opterećenja.....	35
4.3. Vizualno opterećenje karte	37
4.4. Oblikovanje karte prema njenom opterećenju.....	38
4.4.1. Ispitivanje i izbor opterećenja karte.....	39
4.4.2. Određivanje kartografskog ključa.....	41

4.4.3. Određivanje broja objekata.....	42
4.4.4. Formule za linijske signature.....	43
4.4.5. Izbor mjerila	44
5. REDAKCIJSKE PRIPREME KARTOGRAFSKE GENERALIZACIJE	45
5.1. Stručne osnove i analize.....	45
5.1.1. Utvrđivanje namjene karte.....	45
5.1.2. Predmeti prikaza	45
5.1.3. Sredstva za prikaz	48
5.1.4. Izvornici	49
5.2. Ciljevi generalizacije.....	52
5.2.1. Točnost i zornost.....	52
5.2.2. Načelo cjelovitosti	55
5.2.3. Očuvanje osobitosti krajolika	55
5.2.4. Usklađivanje generalizacije	56
5.3. Redakcijski postupci generalizacije	58
5.3.1. Izbor sadržaja	58
5.3.2. Uopćavanje kvantitativnih obilježja	59
5.3.3. Pojmovna generalizacija	60
6. GENERALIZACIJA TOČKASTIH, LINIJSKIH I POVRŠINSKIH OBJEKATA S POSEBNIM OSVRTOM NA TEMATSKE KARTE	62
6.1. Generalizacija točkastih objekata	62
6.2. Generalizacija linijskih objekata.....	63
6.3. Generalizacija površinskih objekata	65
6.3.1. Generalizacija objekata s kontinuiranim pružanjem	65
6.3.2. Generalizacija površinskih nekontinuiranih pojava	66
7. GENERALIZACIJA SADRŽAJA TOPOGRAFSKIH KARATA	72
7.1. Trigonometrijska mreža	72
7.2. Vode i hidrotehnički objekti	73
7.2.1. Obalna linija mora i jezera.....	73
7.2.2. Rijeke i kanali	74
7.3. Naselja.....	82
7.3.1. Različiti modeli naselja.....	82
7.3.2. Minimalne veličine u generalizaciji naselja	82
7.3.3. Generalizacija pojedinačnih zgrada.....	84
7.3.4. Prikaz naselja metodom prikaza zgrada	85

7.3.5. Značajke prikaza zgrada u pojedinim mjerilima	88
7.3.6. Generalizacija naselja pri površinskom prikazu.....	89
7.4. Reljef.....	90
7.4.1. Izohipse	91
7.5. Prometnice.....	97
7.5.1. Kopnene i specijalne prometnice.....	97
7.6. Vegetacija.....	99
7.7. Imena na karti.....	100
 8. KOMPJUTORSKI PODRŽANA GENERALIZACIJA.....	102
8.1. Uvod.....	102
8.2. Cilj istraživanja	103
8.3. Modeliranje procesa generalizacije	103
8.4. Primjeri kompjutorski podržane generalizacije	104
8.4.1. Kompjutorski podržana generalizacija linijskih elemenata karte	104
8.4.2. Generalizacija prikaza naselja pomoću programskog paketa PC ARC/INFO	106
 9. LITERATURA.....	109
 10. SADRŽAJ.....	111
 11. KAZALO.....	114

11. KAZALO

Napomena: Kada se termin sastoji od dvije ili više riječi, prva je uvijek imenica. Na primjer, *kartografska generalizacija* uvrštena je u Kazalo kao *generalizacija, kartografska*. Zarez znači da je uobičajeni redoslijed riječi obrnuti.

- aktualnost 50
- algoritam 22
- apstrakcija 3
- ARC/INFO 107
- AutoCAD 26
- automatizacija kartografske generalizacije 102
- CalComp 22, 26
- ciljevi generalizacije 52, 58
- cjelovitost, sadržajna 50
- čimbenici geografskog okoliša 46
- datoteka 22, 26
- digitalizator 21
- dijagram,
 - krivuljni 63
 - kružni 62
- Douglas-Peucker 106
- duljina rijeka na karti,
 - minimalna 77
- ekvidistancija 66, 91, 93, 96
- FORTRAN 22
- generalizacija 3, 6, 7, 12, 102
 - atlaskih karata 11
 - cesta 98
 - cestovne mreže 86
 - fjordovske obale 73, 74
 - granica teritorijalnih jedinica 22
 - imena na karti 101
 - izbočine 18, 19
 - izohipsa 91, 92, 95, 96
 - linije 105
 - linijskih elemenata 22, 25
 - linijskih objekata 62, 63, 64
 - mreže vodotoka 81
 - naselja 82, 86-90
 - obalne linije 23-25, 73
 - objekata s kontinuiranim pružanjem 65
 - pojedinačnih zgrada 84
 - površinskih nekontinuiranih pojava 66
 - površinskih objekata 62, 65
 - prema mjeri i broju 52
 - prikaza izolinijama 66
 - prikaza naselja 82, 88, 107
 - reljefa 92
 - putova 98
 - raštrkanog naselja 14
 - rječne mreže 63
 - sadržaja topografskih karata 72
 - staza 98
 - tlocrtnog prikaza 20, 221
 - točkastih objekata 62
 - uličnog bloka 85, 86
 - zgrada 14
 - željezničkih pruga 97
- generalizacija,
 - automatska 103
 - dobra 56, 57, 93
 - geometrijska 9
 - grafička 9
 - kartografska 3, 4, 9, 26-28, 32, 45, 58
 - kompjutorski podržana 21, 102-104
 - kvalitativna 9
 - kvantitativna 9
 - loša 56, 57, 97
 - numerička 9
 - objektna 4
 - optička 4
 - pojmovna 9, 27, 28, 58, 60
 - redakcijska 59
- GENLIN 25
- GENLIO 22
- granice katastarskih općina 21, 23
- imena
 - na karti 100
 - naselja 43
- institut, Građevinski 22
- izbor 9
 - cesta 87

- linijskih objekata 65
- mjerila 44
- na osnovi broja objekata 9, 10
- objekata 63
- prema minimalnim veličinama 9, 10
- prema važnosti objekta 9, 16
- sadržaja 58
- izglađivanje
 - linija 18
 - prema minimalnim veličinama 22
- izglađivanje, kompjutorsko 23
- izohipse 91, 92, 95, 96
- izrezivanje uglova 18
- izvornici 49
- kanali 74, 75
- karta
 - areala 70
 - granica Hrvatske 21
 - gustoće naseljenosti Hrvatske 70, 71
 - obrtnika 67
 - s ucertanim prelomnicama 93
 - ukupnog broja turista 69
- karta,
 - antička 100
 - atlasna 65
 - automatski izrađena 102
 - cjelovita 55
 - geomorfološka 66
 - glavna 11
 - izvedena 11, 17, 28
 - izvorna 11, 17, 28, 51, 89, 93
 - njemačka 75
 - općegeografska 38, 39, 59, 60, 62, 65
 - pregledna 11
 - pregledna topografska 74
 - ručno izrađena 102
 - tematska 42, 45, 55, 58, 70
 - topografska 31, 49, 50, 52, 54, 58, 60, 64-66, 98, 101
 - vegetacijska..61
 - višebojna 38
- karta Europe, školska 102
- karta svijeta, politička 58
- karte
 - u krupnim mjerilima 92
 - u mjerilima 1:10 000 do 1:100 000 92
 - u mjerilima sitnijim od 1:100 000 93
- kartodijagram, 62
- linijski 64, 65
- površinski 69
- točkasti 63
- ključ, kartografski 11-13, 27, 41, 44, 59, 76
- koeficijent linearne korelacije 104, 105
- konstanta
 - važnosti objekta 11
 - zbog razlike u kartografskim ključevima 11
- linija mora i jezera, obalna 73
- linija, obrisna 48
- metoda
 - areala 70
 - Ivanova i Langa 23, 24, 25
 - izolinija 65
 - maksimalne sličnosti 106
 - obojenih površina 65, 66
 - površinskog kartograma
 - prikaza zgrada 85
 - točaka 66, 67
- metoda,
 - Douglas-Peuckerova 25
 - Gottschalkova 24-26
- mjerilo 1:1000 4, 6, 21, 52, 74, 75, 84, 91
- mjerilo 1:5000 4, 66, 75-77, 84, 91, 92, 98, 101, 107
- mjerilo 1:10 000 6, 13, 14, 40, 52, 53, 64, 75, 77, 84, 91, 92, 107, 108
- mjerilo 1:25 000 14, 15, 19, 29, 40, 56, 57, 64, 66, 75, 77, 84-88, 91, 95, 96, 98, 100, 101
- mjerilo 1:50 000 14, 15, 19, 29, 40, 52, 56, 57, 66, 67, 75, 77, 85, 86, 88, 91, 93, 94, 99-101
- mjerilo 1:100 000 6, 12-15, 19, 20, 29, 40, 56, 57, 64, 66, 67, 72, 74, 75, 77, 82, 86-91, 93, 94, 97-101
- mjerilo 1:200 000 20, 29, 30, 40, 56, 57, 64, 66, 67, 72, 74, 75, 77, 82, 86-91, 93, 94, 97-101

- mjerilo 1:500 000 23, 40, 72, 75, 77, 88, 89, 91, 93, 94, 80, 82, 91, 97, 98, 100, 101
- mjerilo 1:2 000 000 24, 25, 81
- mjerilo 1:10 000 000 64, 75, 77
- mjerilo karte 6
- modeliranje procesa generalizacije 103
- mreža,
- cestovna 87
 - trigonometrijska 72
- načelo cjelovitosti 55
- naglašavanje 17
- namjena karte 8, 45, 46
- naselja 82
- obala Istre 24, 25
- obilježja vrsta objekata 47
- objekti,
- hidrografske 82
 - hidrotehnički 73
 - linearni 12
 - linijski 33
 - površinski 12, 33
 - točkasti 33
- objektivnost generalizacije 52
- oblikovanje karte 38, 47
- očuvanje
- osobitosti krajolika 55
 - površina 17
- određivanje broja objekata 42
- opterećenje
- bojom 38
 - crnom bojom 34, 36, 38
 - kružnom signaturom 42
- opterećenje karte, 36, 37, 38
- numeričko 32
 - vizualno 37, 38
- opterećenje, radno 35, 38, 43
- optimiranje opterećenja karte 39
- oslabljivanje 17
- ploter 22, 52
- pogreška,
- apsolutna 55
 - položajna 54
 - slučajna 54
 - srednja položajna 54
- pojednostavnjivanje 9, 16, 17, 18
- linijskih objekata 16
 - prema minimalnim veličinama 16
 - prema zakonu korjena 19
 - tlocrtnog prikaza 21
- pokrivač, šumski 99
- pomicanje 9, 30
- izohipse 30
- oopćenje
- kvalitativnih značajki 62, 64
 - kvantitativnih značajki 62
- postupci generalizacije, 9
- redakcijski 58
- povećavanje 9, 29
- površina znaka 13
- predmeti prikaza 45
- pretvorba metode prikaza 9, 30
- prikaz
- blokom 30
 - naselja 85, 86, 88
 - reljefa 66, 91
 - znakom 30
- pripreme, redakcijske 45
- proces generalizacije 28, 52, 54, 102
- proces izrade karte 4
- program, kompjutorski 25
- projekcija,
- Gauss-Krügerova 26
- prometnice, 97
- kopnene 97
 - specijalne 97
 - vodene 97
 - zračne 97
- pravila generalizacije 90
- procesi generalizacije 102
- provjera generalizacije 52
- QuickBASIC 25
- raslinstvo 99
- razdioba, eksponencijalna 78
- razdioba stanovništva 66
- reljef 90
- rezolucija, prostorna 5
- rijeke 74, 75
- sažimanje 9, 27
- zgrada 28

signatura, 48, 49
kružna 42
linijska 43
lokalna 49
sredstva za prikaz 48
stupanj generalizacije 6, 8, 51-53, 59, 98
svrha generalizacije 7
šifriranje 21, 22
širina
rijeka 77
znaka 12
težina signature 38
točnost karte 52
točnost, 52
geometrijska 50, 55
položajna 52, 55
Töpfer, F. 10
uopćavanje 3
kvantitativnih obilježja 59
usklađivanje generalizacije 56, 57
vegetacija 99
veličine, minimalne 6, 10, 16, 22, 27, 63,
82, 83
veličine signatura, minimalne 83
visina slova 101
vode 73
Vučetić, N. 24, 104
zakon korjena 10, 14-15, 19, 21, 51, 74-76
Zavod za kartografiju 21, 26
značajke krajolika 7
znakovi, tlocrtni 48
zornost 52